



العلوم الطبيعية

(حسب النظام القديم)

إنجاز :

❖ . الماء :

الكشف عن الماء :

التجربة : نضع في أنبوب اختبار قليلا من مادة حية (نباتية ، حيوانية) و نسد الأنبوب جيدا ثم نقوم بعملية التسخين .

الملاحظة : وجود قطرات على سطح الأنبوب الزجاجي .

النتيجة : المادة الحية تحتوي على الماء .

*** . نسبته :** تحدد نسبة الماء في العضوية كما يلي : الوزن الرطب (ك1)، الوزن الجاف (ك2) والفرق بينهما هو وزن الماء - ك1 = ك2 = وزن الماء * وزن الماء / الوزن الرطب * 100 = ك1 - ك2 / 2 * 100

فيما يلي جدول بين نسبة الماء في بعض الكائنات الحية الحيوانية والنباتية و بعض أعضائها .

الكائنات الحيوانية / أعضائها	% للماء	الكائنات النباتية / أعضائها	% للماء
قندل البحر	80	المنب	80-95
جسم الإنسان	76	الخس	95
العضلات	83	الفطريات	80-90
الدماغ	78	الأغلفة السليولوزية	80 - 70
الكبد	75	الأغلفة المتخشبة	20-50
الريكتان	70	الهدور الجافة	10
المطام	25		
المتوسط العام	60%	المتوسط العام	75%

ملاحظات حول الجدول : - نسبة الماء عالية في العضويتين - تختلف من كائن إلى آخر - تختلف حسب العضو - تتناسب مع نشاط العضو - نسبة الماء عالية في العضوية النباتية .

*** . أهمية الماء :**

الماء مهم في العضوية لنسبته العالية ، ولخواصه الفيزيائية والكيميائية .

• الخواص الفيزيائية :

يملك الماء ، بالمقارنة مع السوائل الأخرى ، درجة تجمد و غليان عالية و نموذجية . كما و يتمتع بحرارة نوعية و حرارة تبخر مرتفعة ، و تؤثر سطحي كبير (يملك أكبر التوتر سطحي بعد الزئبق) .

يمكن تفسير صفات الماء هذه ، بوجود قوى تجاذب شديدة بين جزيئات الماء السائل ، مما يؤدي إلى تماسك جزيئات الماء بصورة قوية .

- الحرارة النوعية : كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 1 غ من الماء درجة مئوية واحدة .
نسبة للماء = 1 حرارة أما زيت الزيتون = 0.3 حرارة أما الكحول = 0.5 حرارة

- حرارة التبخر : تعتبر حرارة التبخر للماء أعلى بكثير من مثيلتها عند جميع السوائل المعروفة كالميتانول و الإيثانول و الأسيتون و الكلوروفورم . و تحدد حرارة التبخر بكمية الطاقة اللازمة للتغلب على قوى التماسك بين جزيئات الماء المتجاورة ، و نتيجة لذلك تنفصل هذه الجزيئات عن بعضها و تنتقل إلى الحالة الغازية . و بتعبير آخر حرارة التبخر هي كمية الحرارة اللازمة لتحويل 1 غ من الماء من الحالة السائلة إلى الغازية . لذا لا يفقد الماء بسهولة من الجسم ويساعد على التخلص من الحرارة الزائدة .

تقدر حرارة التبخر بالنسبة للماء ب 537 حرارة أما الكحول ب 206 حرارة أما الكلوروفورم ب 61 حرارة

- انناقلية : الماء أفضل المواد الناقلة للحرارة بعد المعادن حيث يحافظ على التوازن الحراري للجسم .

- الذوبان : الماء من السوائل المحللة الرائعة ، بسبب طبيعة القطبية و قدرته على تشكيل روابط هيدروجينية سواء مع الجزيئات القطبية أو المعكولة .

*** الخواص الكيميائية :**

- يدخل في تفاعلات الإماهة ، بروتين + ماء - حموض أمينية

يدخل في تفاعلات الأكسدة و الإرجاع ، يتميز بدرجة حموضة معتدلة .

*** . حالات تواجد الماء في عضوية :**

- الماء الحر : يلعب دور المادة الحالة للأجسام و يتم به التفاعلات الكيميائية مثل ماء العصارة الخلوية في الفجوات ، إذ تتحلل فيه مواد عضوية و غير عضوية عديدة ، تعتبر من نواتج النشاط الخلوي ، ماء سائل الجسم مثل الدم و البلمغ .

- الماء المتحد : في هذه الحالة يدخل الماء في تركيب المادة الحية للخلية و يعتبر جزء منها و لهذا لا يمكن فصله عنها . حيث يتحد مع بروتينات السيترولازم بروابط هيدروجينية .

❖ . **الكشف عن الأملاح المعدنية :**

لإجراء هذه التجارب لابد من تحضير محلول معدني سواء كان من حيوان (البول - الحليب) أو من نبات محلول الرماد النباتي .

تحضير محلول الرماد النباتي : نحضر أوراق نبات جافة نحرقها و ن سحقها ثم نذيبها في ماء مقطر ، تسخن لمدة 15 دقيقة . ثم نرشح المحلول فنحصل على محلول الرماد النباتي .

أ - الكشف عن شوارد الكبريتات SO4²⁻ :

التجربة : القليل من الرماد النباتي مع كلوريد الباريوم مع حمض كلور الماء HCL ثم نسخن .

الملاحظة : نلاحظ تشكل راسب أبيض لا يتغير لون في الضوء .

النتيجة : المادة الحية تحتوي على الكبريتات .

ب - الكشف عن شوارد البوتاسيوم K⁺ :

التجربة : القليل من محلول الرماد النباتي مع القليل من حمض البكريك (المر) .

الملاحظة : تشكل راسب أصفر أيري .

النتيجة : المادة الحية تحتوي على البوتاسيوم .

ج - الكشف عن شوارد الكلور CL⁻ :

التجربة : القليل من محلول الرماد النباتي مع نترات الفضة و القليل من حمض الأزوت .

الملاحظة : تشكل راسب أبيض يسمر بالضوء .

النتيجة : المادة الحية تحتوي على الكلور .

د - الكشف عن شوارد الكالسيوم Ca²⁺ :

التجربة : القليل من محلول الرماد النباتي مع لوكرالات الأمونيوم مع التسخين .

الملاحظة : تشكل راسب أبيض .

النتيجة : المادة الحية تحتوي على الكالسيوم .

الخلاصة : المادة الحية سواء كانت نباتية أو حيوانية تحتوي على العناصر المعدنية (الماء والأملاح المعدنية) .

الأملاح المعدنية و نسبتهما في العضوية :

يمثل الجدول التالي نسبة بعض الأملاح المعدنية في العضوية النباتية والحيوانية .

العنصر	% في جسم الإنسان	العنصر	العنصر	% في نبات الأبرسيم	العنصر
الكالسيوم	19.37	الحديد	الكالسيوم	11.34	الحديد
الأزوت	5.14	الزنك	الأزوت	0.85	الزنك
الكالسيوم	1.38	النحاس	الكالسيوم	0.52	النحاس
الكبريت	0.64	البروم	الكبريت	0.10	البروم
البوتاسيوم	0.22	المغنيز	البوتاسيوم	0.22	المغنيز
الكلور	0.18	اليود	الكلور	0.07	اليود
الصوديوم	0.26	الألمنيوم	الصوديوم	0.03	الألمنيوم

*** . نسبة الأملاح المعدنية في العضوية :**

يمكن حساب هذه النسبة و ذلك بحرق العضو حتى الترميد حيث وزن الرماد = وزن الأملاح المعدنية و منه (الأملاح مواد غير قابلة للاحتراق) .

نسبة الأملاح المعدنية = وزن الأملاح المعدنية / الوزن الرطب * 100 - حيث نلاحظ بأن هذه النسبة لا تزيد عن 5 % . في جسم الإنسان تقدر هذه النسبة ب 3.4 % .

*** . أشكال تواجد الأملاح :**

تلعب الأملاح دور هام في حياة الخلية . حيث توجد بشكل شوارد مختلفة كما توجد على شكل بلورات متبلبة الأشكال (أيرية ، مشورية ، عينية ...) في حين تتواجد في الخلية الحيوانية بشكل منحل في سوائل العضوية مثل البول ، الدم ، الحليب ، اللعق ، اللعق الناقص و الكامل .

أو تكون غير منحلة بشكل مركبات مرتبطة بمواد أخرى مثل الحديد في خضاب الدم و المغنيزيوم في اليخضور أو مترسبة كالفحمات و الكالسيوم في الهيكل العظمي .

*** . أهمية الأملاح المعدنية :**

- أن نقص الحديد يؤدي إلى ظهور أعراض مرض فقر الدم - عند النباتات نقص المغنيزيوم يؤدي إلى اصفرار الأوراق

- معظمها يوجد بشكل منحل لتساعد على توازن الضغط الحلولي و تساهم في التوازن الحمضي القاعدي PH

- تعتبر كوسائط في بعض التفاعلات الكيميائية الأخرى مثل Mg . Zn . Mn .

- المساهمة في نقل السائلة العصوية لعدم تساوي تركيزها على جانبي الغشاء الخلوي .

- حركتها تسبب زوال الاستقطاب .

- ضرورية لعمل بعض الأعضاء مثل القلب ، العضلات ، النقل المشبكي

❖ السكريات :

تحضير مستخلصات نباتية وحيوانية :

1. **مستخلص العنب أو البصل** : يستخلص عصير العنب من ثمار العنب و يمكن إضافة ماء مقطر إليه .
2. **مستخلص البطاطس** : سحق درنات البطاطس مع الماء المقطر .
3. **مستخلص الكبد** : سحق نسيج الكبد بمساعدة الرمل و إضافة الماء المقطر ثم يرشح .
4. **الحليب** : يروب الحليب ثم يرشح لفصل المصل الذي تجرى عليه التجارب .

خواص السكريات البسيطة :

1. **الذوبان** : اخذ قليلا من سكر العنب و أنبه في كمية من الماء المقطر داخل أنبوب مع الرج الجيد .
الملاحظة : يتشكل لنا محلول متجانس ، لا يمكن تمييز جزيئات الماء عن السكر .
النتيجة : يذوب سكر العنب في الماء و يشكل معه محلول حقيقي .
2. **الترشيم** : محلول سكر العنب قابل للترشيم .
3. **التفاعل مع محلول فهلنج** : قليلا من محلول سكر العنب مع محلول فهلنج ثم نسخن الأنبوب .
الملاحظة : يتشكل راسب أحمر أجوري .
النتيجة : سكر العنب يرجع محلول فهلنج .

خواص السكريات الثنائية :

1. **الذوبان** : اخذ قليلا من سكر القصب و أنبه في كمية من الماء المقطر داخل أنبوب مع الرج الجيد .
الملاحظة : يتشكل لنا محلول متجانس ، لا يمكن تمييز جزيئات الماء عن السكر .
النتيجة : يذوب سكر القصب في الماء و يشكل معه محلول حقيقي .
2. **الترشيم** : محلول سكر القصب قابل للترشيم .
3. **التفاعل مع محلول فهلنج** : قليلا من محلول مصّل الحليب مع محلول فهلنج ثم نسخن الأنبوب .
الملاحظة : يتشكل راسب أحمر أجوري .
النتيجة : سكر الحليب (اللاكتوز) يرجع محلول فهلنج - سكر القصب لا يرجعه .

خواص السكريات المتعددة :

1. **الذوبان** : اخذ قليلا من سكر النشا و أنبه في كمية من الماء المقطر داخل أنبوب مع الرج الجيد .
الملاحظة : لا يتشكل لنا محلول متجانس ، بعد التسخين يتشكل مطبوخ نشا ملول غروي .
النتيجة : لا يذوب سكر النشا في الماء و يشكل معه محلول غير متجانس .
2. **الترشيم** : مطبوخ نشا غير قابل للترشيم .
3. **التفاعل مع ماء اليود** : قليلا من من سكر النشا مع اليود يعطي اللون الأزرق البنفسجي .
النتيجة : ماء اليود كاشف عن السكريات المتعددة .

أمثلة عن السكريات : أ. السكريات البسيطة :

إليك الصيغ الخطية والحلقية لمجموعة من السكريات لاحظها وحدد المقاييس المستعملة في تصنيف السكريات

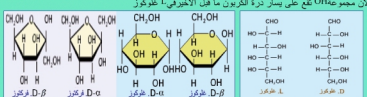
$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\ \\ \text{CHO} \\ \\ (\text{CHOH})_4 \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\ \\ \text{CHO} \\ \\ (\text{CHOH})_3 \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\ \\ \text{CHO} \\ \\ (\text{CHOH})_2 \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\ \\ \text{CHO} \\ \\ (\text{CHOH}) \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\ \\ \text{CHO} \\ \\ \text{CHOH} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\ \\ \text{CHO} \\ \\ \text{CHOH} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$
1. كيتو	2. كيتو	3. كيتو	4. كيتو	5. كيتو	6. كيتو
ثريوز	تريوز	تريوز	تريوز	تريوز	ثريوز

أ- نلاحظ أن بعض السكريات تحمل وظيفة الدهيدية CHO على ذرة الكربون رقم 1 كما في النموذج (2، 3، 5) و البعض الآخر يحمل وظيفة كيتونية C=O على ذرة الكربون رقم 2 كما في النموذج (1، 4، 6) .

لذا فهذه السكارينام على هذه الخواص تصنف كما هو موضح في الجدول :

• تختلف السكريات حسب عدد ذرات الكربون ، ونوع الوظيفة التي تحملها الدهيدية أو كيتونية .

- لاحظ الصيغ الخطية لجزيئة الغلوكوز إحداهما يساري (L) و الآخر يميني (D) .
لأن مجموعة OH تقع على يمين ذرة الكربون ما قبل الأخيرة في D غلوكوز
لأن مجموعة OH تقع على يسار ذرة الكربون ما قبل الأخيرة في L غلوكوز



- لاحظ موقع مجموعة OH على ذرة الكربون 1 في الصيغ الحلقية للألدهيدات وعلى الكربون 2 للكيتونات .
إذا كانت مجموعة OH على ذرة الكربون رقم 1 بالنسبة للسكريات الألدهيدية و ذرة الكربون رقم 2 بالنسبة للسكريات الكيتونية من الأسفل فهو من النوع α أما إذا كانت جهة الأعلى فهو من النوع β .

النتيجة : تصنف السكريات البسيطة حسب : * عدد ذرات الكربون التي تحويها * طبيعة الوظيفة الدهيدية أو كيتونية .
وضعية الوظائف الكحولية في الصيغة الخطية .

- وضعية ال OH على ذرة الكربون رقم 1 في الصيغة الحلقية للألدهيدات و في الكربون رقم 2 للكيتونات
- تتكون الصيغة الحلقية بشكل جسر أوكسجيني بين ذرتي الكربون رقم 1 و رقم 5 في الألدهيدات و بين ذرة الكربون رقم 2 و رقم 5 في الكيتونات .

2. السكريات الثنائية :

نلاحظ من الصيغ الحلقية السابقة للسكريات الثنائية أن الاختلاف بين هذه السكريات :


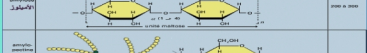
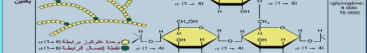
1 سكر المالتوز : يتكون من اتحاد جزيئي سكر العنب

2 سكر اللاكتوز : يتكون من اتحاد جزيئة غلوكوز مع

جزيئة سكر غالاكتوز .

$$C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6 \rightarrow C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$$

- نفس الشيء يمكن أن يقال بالنسبة للسكريات المتعددة .

الاسم	الصيغة الكيميائية	درجة التكرار (n)
cellulose السليلوز		~ 3 000
amylose الأميلوز		200 to 2000
amylopectine بكتين الأميلوبكتين		500 to 800 (glycogen: 5 000-15 000)

النتيجة : تصنف السكريات الثنائية و المتعددة حسب :

- طبيعة السكريات البسيطة المكونة لها * . ذرات الكربون التي يتم على مستواها الارتباط .
- 3. بعض الخواص الكيميائية للسكريات البسيطة :

ترجع الخواص الكيميائية للسكريات البسيطة للوظيفتين الكحولية OH والألدهيدية CHO والكيتونية CO و منها

• - الأكسدة :

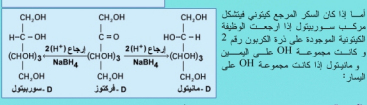
تتأكسد السكريات البسيطة بسهولة و هي ترجع محلول نترات الفضة و المعادن الثقيلة و يرجع ذلك للوظيفة الألدهيدية أو الكيتونية الحرة أو الكاملة و التي يمكن تصبح حرة بالحرارة :



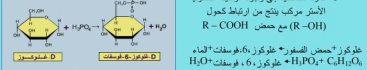
محلول فهلنج يتكون من كبريتات النحاس و طرطرات ثنائية الصوديوم أو البوتاسيوم فيوجود السكر المرجع الذي يحوي على وظيفة كيتونية أو الدهيدية حرة ينتقل النحاس من الحالة Cu^{+2} المنحلة ، CuO و هو أكسيد النحاسيك إلى حالة الراسب الأحمر الأجوري $(Cu_2O)^+$ و هو أكسيد النحاسوز .

$\begin{array}{c} \text{CHO} \\ \\ (\text{CHOH})_4 \\ \\ \text{COOH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CHO} \\ \\ (\text{CHOH})_4 \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ (\text{CHOH})_4 \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$
يمكن أن تتأكسد الوظيفة الكحولية فيتشكل حمض لوروني حمض الغلوكورونيك	يمكن أن تتأكسد الوظيفة الألدهيدية فيتشكل حمض التوني حمض الغلوكونيك	يمكن أن تتأكسد الوظيفة الكحولية فيتشكل حمض لاداري حمض الغلوكاريك

* - **الإرجاع** : يمكن إرجاع السكر البسيط الألدهيدي فيتكون سكر كحولي يدعى سوربيتول في حالة الغلوكوز حيث ينتبت ذرتي هيدروجين على ذرة الكربون رقم 1 الحاملة للوظيفة الألدهيدية :



أما إذا كان السكر المرجع كيتوني فيتشكل مركب سوربيتول إذا أرجعت الوظيفة الكيتونية الموجودة على ذرة الكربون رقم 2 و كانت مجموعة OH على اليمين و مائيول إذا كانت مجموعة OH على اليسار :



النتيجة : ينتج عن إرجاع السكريات كحولات و عن أكسدتها حموض .

*. الأسترة :

تعود الخاصية إلى وجود الوظيفة الكحولية .

الأسر مركب ينتج من ارتباط كحول

(R-OH) مع حمض (R-COOH)

غلوكوز + حمض الفسفور * غلوكوز ، 6 ، فوسفات + الماء

$$H_2O + C_6H_{12}O_6 + H_3PO_4 \rightarrow \text{غلوكوز-6-فوسفات} + 6H_2O$$

الخصائص الكيميائية والفيزيائية للدسم :

***. الذوبان : أ. في الماء :** تضع كمية من الزيت في أنبوب اختبار ثم نضيف لها كمية من الماء مع الرج

الملاحظة : تكون طبقتين علوية هي الزيت وسفلية هي الماء .

إن جزيئة الدسم تتكون من قطبين : قطب كاره للماء يتمثل في السلاسل الفحمية للحموض الدسمة (غير قابلة للذوبان في الماء) و قطب محب للماء يتمثل في الكحول مثل الغليسول أو غيره مع الحموض السفورية .

الدسم يظهر سلوكين عند تواجده في الماء هما :

* تشكل طبقة وحيدة الجزيئات : يطفو الدسم على سطح الماء على شكل طبقة وحيدة الجزيء بحيث تتجه الأقطاب المحبة للماء نحو الوسط المائي بينما تتجه الأقطاب الكارهة للماء نحو الأعلى .

* تشكل طبقة مضاعفة الجزيئات أثناء الرج الجيد للدسم في الماء نحصل على مستحلب وفي هذه الحالة فإن جزيئات الدسم تترتب في طبقة مضاعفة الجزيئات تتجه فيها الأقطاب الكارهة للماء نحو بعضها البعض في كلا الطبقتين و إلى الداخل مشكلة طورا مستمرا من السلاسل الكربونية، بينما تتجه الأقطاب المحبة للماء من الطبقتين إلى الخارج و تتغلغل في الماء مشكلة بذلك حويصلات كما يبينه الرسومات .

النتيجة : لا ينحل الزيت في الماء ويطفو فوقه لأن كثافته أقل من كثافة الماء .

ب. في المذيبات العضوية : تضع كمية من الزيت مع كمية من البنزين في أنبوب اختبار .

الملاحظة : انحلال الزيت في البنزين .

النتيجة : ينحل الزيت في المذيبات العضوية .

***. الإماهة :** نيتكك الدسم بوجود الماء ووسط حمض الكبريت H_2SO_4 و حرارة $150^{\circ}C$ إلى كحول و حموض دسمة .

$$D + H_2SO_4 \xrightarrow{150^{\circ}C} K + C$$

دسم + ماء $\xrightarrow{H_2SO_4, 150^{\circ}C}$ كحول + حموض دسمة

***. التفاعل اللوني :** التجربة : تضع كمية من زيت الزيتون و نضيف قطرات من أحمر السودان الثالث ثم كمية من الماء بعد ذلك نرج جيدا .

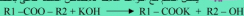
الملاحظة : يتلون الزيت فقط باللون الأحمر الفاتح دون الماء .

النتيجة : تتلون الدسم بالأحمر مع أحمر السودان الثالث .

***. التصبن :** التجربة : نضع كمية من زيت الزيتون في أنبوب اختبار ثم نضيف إليه قليلا من الماء و الكحول 95° و بضعة أقراص من البوتاس - نرج الأنبوب جيدا ثم نسخن .

الملاحظة : تتكون طبقة صفراء اللون سمكية تطفو فوق سائل شفاف هي صابون البوتاس .

النتيجة : يشكل الدسم مع القواعد أملاحا للأحماض الدسمة تدعى بالصابون .



***. تصنيف الدسم :** تصنف الدسم إلى :

الدسم البسيطة : تعطى إمامتها كحول بالإضافة إلى حمض دهني، وهي أسرات لأحماض دسمة وكحول و تصنف حسب نوع الكحول الداخل في تركيبها إلى :

أ. **الجليسريدات :** يدخل في تركيبها كحول الغليسول - الغليسول كحول ثلاثي الهيدروكسيد

و الحمض الدسمة طبيعتها الكيميائية تتكون من سلسلة فحمية تنتهي بمجموعة حمضية ($-COOH$) و يكون فيها عدد ذرات الكربون زوجي و تقسم الحموض إلى قسمين :

- **أحماض دسمة مشبعة :** لا تحوي روابط مزدوجة وتكون في حالة صلبة

بدرجة الحرارة العادية صيغتها العامة: $CH_3 - (CH_2)_n - COOH$

مثل حمض الشمع : $C_{18}H_{36}O_2$

- **أحماض دسمة غير مشبعة :** تحوي على رابطة مزدوجة واحدة أو أكثر

مثل حمض لينولييك: $CH_3 - (CH_2)_4 - CH=CH - CH_2 - CH=CH - (CH_2)_7 - COOH$

توجد بحالة سائلة في درجة الحرارة العادية و هي تشكل الأغذية الخلوية الاندخارية و تكثر في المادة الحية و منها الزيوت النباتية .

2. **الستيرويدات :** تنشأ من اتحاد حموض دسمة مع كحول من نوع الستيرول مثل الكلوسيتيرول وهي مركبات حلقة معقدة - كثيرة الانتشار في المادة الحية و هي تألف القسم الأساسي لعدد من القيتامينات و كذلك الهرمونات .

3. **السيرويدات :** الكحول الداخل في تركيبها من نوع السيروول يحوي سلسلة فحمية تنتهي بمجموعة OH مركبات صلبة عديمة اللون تشكل الشموع النباتية والحيوانية كشمع النحل و الكيوتين في بشرة الأوراق و أغلفة البكتريا تلعب دورا و قويا وحالتها صلبة في الحرارة العادية .

الدسم المعقدة : تعطى إمامتها كحول وأحماض دهنية و مركبات أخرى مثل حمض الفسفور أو مركب و كبريتي أو مركبات أخر كالكسكروبات و تميز منها :

أ. **فوسفو غليسريد :** يتكون من حموض دسمة + غليسول + حمض الفسفور + قاعدة آزوتية مثل الكولين

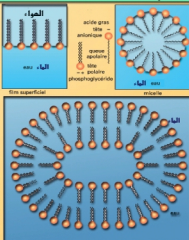
2. **سلفو ليبيد :** يتكون من حمض دسم + سلفوزين + حمض فسفور + آزوتية مثل النخاعين

النتيجة : تصنف الدسم حسب :

* - نتائج الإماهة (دسم بسيطة و دسم معقدة) .

* - نوع الكحول الداخل في تركيبها .

* - نوع الحمض الدسم الداخل في تركيبها .



*. خصائص الأحماض الأمينية والبيبتيدات :

أجريت تجارب عدة على الأحماض الأمينية والبيبتيدات للكشف عن خواصها الفيزيائية والكيميائية والنتائج المحصل عليها مكتوبة في الجدول التالي:

الخواص	الذوبان	التنثر	التفاعلات اللونية
الببتيد	غير لونه	يظل غليظ	-
بيبتيدات	يظل غليظ	-	+

1. النتيجة : أ- تشكل الأحماض الأمينية والبيبتيدات محاليل حقيقية مع الماء.
2. الأحماض الأمينية والبيبتيدات لا تنتشر بالحرارة
3. الأحماض الأمينية ذات تفاعل لوني سلبى مع تقاطى بيوريه و الأصفر أحيى .
4. البيبتيدات ذات تفاعل لوني إيجابي مع بيوريه و سلبى مع الأصفر أحيى .

*. الخصائص الكيميائية والفيزيائية للبروتينات :

1. - الذوبان : **تجربة** : وضع قليل من زلال البيض في أنبوب اختبار مع الماء المقطر ثم رج جيدا .
- الملاحظة : نلاحظ تشكل محلول متجانس نوعاً ما .
- النتيجة : ينحل زلال البيض (البروتينات) في الماء ويشكل معه محلول غروي .
2. - **التنثر** : **تجربة** : كمية من زلال البيض في أنبوب اختبار ثم سخنها .
- الملاحظة : تنثر زلال البيض نتيجة تأثير الحرارة .
- النتيجة : تنثر البروتينات بالحرارة وبالكحولات والأحماض القوية .
3. - **التفاعلات اللونية** : أ. تفاعل بيوريه :

التجربة : نضع كمية من زلال البيض في أنبوب اختبار ثم نضيف إليها كمية مماثلة من الصودا قطرات من كبريتات النحاس .

الملاحظة : نلاحظ تشكل راسب أزرق باهت يتحول إلى لون بنفسجي .

النتيجة : زلال البيض مادة بروتينية . لأن النحاس يتفاعل مع الروابط البيبتيدية .

ب. تفاعل الأصفر أحيى :

التجربة : نضع كمية من زلال البيض في أنبوب اختبار ثم نضيف إليها قطرات من حمض الأزوت مع التسخين حتى الغليان . ماذا نلاحظ ثم أضف قطرات من الصودا قطرة قطرة .

الملاحظة : المرة الأولى يتشكل راسب أصفر . المرة الثانية نحصل على لون برتقالي .

النتيجة : زلال البيض مادة البروتينية .

*. البروتينات دراسة نظرية :






جميع للكائنات الحية تحوي البروتينات دون استثناء مما يعطي لهذه المركبات أهمية خاصة ، حيث تولف 60 - 70 % من الوزن الجاف للكائنات الحية، و هي مركبات رباعية N-O-H-C تقسم إلى ثلاثة مجموعات كبيرة : 1- حموض أمينية 2- ببتيدات 3- بروتينات .

أ - الأحماض الأمينية : مركبات تشمل على وظيفة حمضية و وظيفة أمينية بحيث تستجيب كلها للصيغة عامة تالية ماعدا : البرولين والهيدروكسي برولين تصنف الأحماض الأمينية : إلى مجموعتين هما :

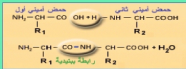
- * - الأحماض الأمينية الخطية .
- * - الأحماض الأمينية الحلقية و تشمل الأحماض الأمينية العطرية .

- خواص الأحماض الأمينية :

- الخاصية الأمفوتيرية : لأنه يمكنها أن تفقد أو تكتسب بروتون .
- خاصية الذوبان : تذيب الذوبان في المركبات القطبية مثل الماء والكحول ولا تذيب الذوبان في المركبات الغير قطبية مثل البنزين والإثير .
- تمتد بعض الأحماض الأمينية تفاعل إيجابي مع تفاعل الأصفر أحيى نظراً لتدخل النواة العطرية مثل حمض التريبتوفان وحمض التيروسين وحمض الغليل الإتين و كلها حموض أمينية عطرية .

قائمة الأحماض الأمينية بأنواعها المختلفة			
glycocolle	$\text{H}-\text{CH}-\text{COOH}$ NH_2	acide aspartique	$\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH}$ NH_2
alanine	$\text{CH}_3-\text{CH}-\text{COOH}$ NH_2	asparagine	$\text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH}$ O NH_2
valine	CH_3 $\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH}$ NH_2 CH_3	acide glutamique	$\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH}$ NH_2
leucine	CH_3 $\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH}$ NH_2 CH_3	glutamine	$\text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH}$ O NH_2
isoleucine	CH_3 $\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH}$ NH_2 CH_2-CH_3	lysine	$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH}$ NH_2
sérine	$\text{CH}_2\text{OH}-\text{CH}-\text{COOH}$ NH_2	arginine	$\text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{NH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH}$ NH NH_2
thréonine	$\text{CH}_3-\text{CHOH}-\text{CH}-\text{COOH}$ NH_2	phénylalanine	
cystéine, cystine	$\text{HS}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH}$ NH_2	tyrosine	
méthionine	$\text{H}_3\text{C}-\text{S}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH}$ NH_2	tryptophane	
		histidine	
		proline	

- **بنية الببتيدات** : لاحظ بدقة المركبين التاليين و أوجد الفرق بينهما .



من خلال ملاحظة المركب السابق يتبين لنا : يسمى الببتيد و هو متكون من تتابع لحمضين أميين أو أكثر متصلة بروابط ببتيدية .

تصنيف الببتيدات : تصنف إلى مجموعتين هما :

• - **الببتيدات قليلة التعدد** : وهي متشكل من اتحاد أقل من أربعة (4) أمينية فيما بينها وهي توزع إلى

- ثنائي الببتيد المتشكل من حمضين أميين .
- ثلاثي الببتيد المتشكل من 3 أحماض أمينية .

لها تفاعل سلبي مع تفاعل بيوريه (ثنائي البولة)
مثل باقي القليل وباقي الألائيل .

• - **الببتيدات المتعددة** : عبارة عن مركبات مشتقة من اتحاد أربعة (4) أحماض أمينية على الأقل و لها تفاعل إيجابي مع تفاعل بيوريه (ثنائي البولة) .

مثل الأنسولين و هو هرمون مفرز من طرف البنكرياس مكون من 51 حمض أميني متحدة في سلسلتين .

البروتينات :

عدد الحموض الأمينية فيها لا يقل عن المائة . لدى فهي ذات أوزان جزيئية عالية وتختلف البروتينات عن بعضها :
 1 - عدد الحموض الأمينية الداخلة في تركيبها - 2 . أنواع الحموض الأمينية الداخلة في تركيبها - 3 . ترتيب الحموض الأمينية في داخل الجزيئة - 4 . التركيب البنائي .

* تصنيف البروتين :

من خلال العديد من تجارب الإماهة التي أجريت على البروتينات المختلفة تم التوصل إلى أنه يمكن تصنيفها حسب نتائج إماهتها إلى ما يلي :

البروتينات المتجانسة : إماهتها تعطي حموضاً أمينية فقط . مثل البروتامينات - الهستونات - البومين البيض .
البروتينات غير متجانسة : إماهتها تعطي حموضاً أمينية + مواد أخرى غير بروتينية مثل :

* **اللؤلؤة :** - خضاب الدم يتكون من غلوبين 95% (جزء بروتيني) - هيم 0.34% + بروتوبورفيرين 4.66%
 - اليخضور : مشتق البورفيرين مع المغنسيوم MG + جزء بروتيني .

* **النوية :** من أهم المواد المركبة للخلية لوجود الحموض النووية فيها - جزء بروتيني + ADN حمض نووي .

* التركيب البنائي للبروتينات :

يعبر عن التركيب البنائي للبروتين بترتيب حموض الأمينية في سلاسل الببتيدات وارتباطها جانبياً بروابط متنوعة

1. التركيب البنائي الأول :

في هذه البنية يكون ارتباط الأحماض الأمينية مع بعضها في تسلسل بواسطة روابط ببتيدية تكافؤية وتدخل قوى ربط أخرى مثل الأسولين

2. التركيب البنائي الثاني :

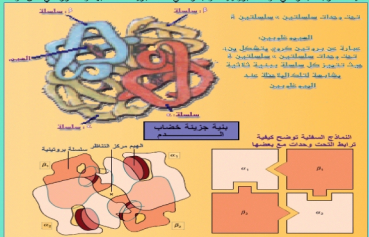
إن الجزء البروتيني ملفك حول نفسه مشكلاً حلزوناً أو لولباً فارغاً من الداخل يستطيع هذا الشكل أن يبقى ثابتاً لوجود الروابط الهيدروجينية التي تنشأ بين المجاميع CO و NH الموجودة في نفس سلسلة عديد الببتيد

3. التركيب البنائي الثالث :

المقصود بذلك الوضع العام في الفراغ لوحدة أو أكثر من سلاسل متعدد الببتيد المكون لجزء البروتين والتي تتصل مع بعضها مثل الهيمو غلوبين . يساعد في تثبيت البناء الثالث بعض النقاط في السلاسل الجانبية الأحماض الأمينية في تكوين روابط ثنائية الكبريت وروابط هيدروجينية شاردية كازرة للماء

4. التركيب البنائي الرابع :

يصف درجة البلمرة في الوحدة البروتينية . والبلمرة هي عدد الجزيئات المتشابهة والمتكررة في نفس الوقت



مثل أنزيم الفوسفو بليز يحوي أربع تحت وحدات متشابهة تماماً ولا يكتسب الأنزيم قدرته الحيوية إلا في هذه الحالة الرباعية - تحت وحدات مختلفة في الفيروسات و هو تركيب رباعي غير متجانس .
الخواص الالكتروستاتيكية أو سلوك البروتينات في الأوساط الحامضية والقاعدية :

- زلال البيض + حمض الخل ◀ تشكل محلول حليبي نتيجة تفاعل الزلال مع الحمض لتشكل ملح خلات الزلال
سلوك البروتين سلوك قاعدة

- زلال البيض + محلول كربونات الصوديوم Na_2CO_3 ◀ تشكل محلول حليبي نتيجة تفاعل الزلال مع كربونات الصوديوم و تشكل ملح زلال الصوديوم **سلوك البروتين سلوك حمض**

النتيجة : البروتينات مركبات حقلية (امفوتيرية) .

إن البروتينات (الأحماض الأمينية) تقف ضد التغيرات الحمضية والقاعدية .
 تلك هي صيغة الحمض الأميني . في الحقيقة إن الحمض الأميني لا يتواجد بهذه الصورة الكلاسيكية بل يتواجد على الصورة التالية :

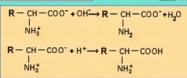
مثال : الألاتين . أي أنه متاين قطب سالب وقطب موجب ، الشحنة = 0

- عند إضافة قاعدة (أساس) تتحد شوارد OH^- السالبة من الأساس مع زمرة الأمين NH_3^+ لتني تتأين وتعطى شوارد هيدروجين تتحد مع OH^- السالبة .

* عند إضافة حمض تتحد شوارد H^+ الموجبة من الحمض مع مجموعة الكربوكسيل COO^- .

نقطة المعادل الكهربائي PHI : هي ال PH

التي تتساوى فيها عدد الشحنات الموجبة والسالبة .
 * في المجال عندما يكون PH أقل PHI تكون جزيئة البروتين موجبة لأنها تحوي وظائف COOH المتأينة أقل من الوظائف NH_2 المتأينة .
 * في المجال عندما يكون PH أكبر PHI تكون جزيئة البروتين سالبة لأنها تحوي وظائف COOH المتأينة أكثر من الوظائف NH_2 المتأينة .



المموض النوويية : اكتشافها العالم السويسري فريدريك ميسر 1868 متحدة مع البروتيدات في كل من لوية

خلايا القمح والنطاف
 ا . تمركز الحموض النووية :

تحليل تجربة العالم براشي : تستخدم الصبغة المزدوجة ألونا بنهايم التي تتكون من . الأخضر المثل الذي

رثم لمضطر	الانزيم السمسئل قبل للثوبن	نتيجة لسلطنة
1	ADNase	لثروستين شبة لبيونة
2	ARNase	لغير ملونة أخضر أخضر
3	لم يملع بالزيمات	أخضر أخضر أخضر

- يلسون ال ADN بالأخضر . البيروئين الذي يلون ال ARN بالأحمر . وهناك أنزيمان أحدهما يخرّب ال ADN وهو ADNase و الآخر يخرّب ال ARN و هو ARNase .
- حضرنا ثلاث مقطع خلوية معاملة بالصيغة والانزيمات كما في الجدول .
- كل المقاطع عوملت بالصبغة بعد الانزيم
- أ . قدم تفسيراً للنتائج المسجلة . ب . ماذا نستخلص .
 - ا . مقارنة المحضراً 1 بالمحضر 3 العناصر التي تتلون بالأخضر في المقطع 3 ولم تتلون في المقطع 1 (أنها خربت بال ADNase) هي أماكن تمركز ال ADN .
 - بمقارنة المحضر 2 بالمحضر 3 :العناصر التي تتلون بالأحمر في المقطع 3 ولم تتلون في المقطع 2 (لأنها خربت بال ARNase)هي أماكن تمركز ال ARN .
 - ب . نستخلص أن أماكن تمركز ال ADN هي النواة في حقيقيات النواة (للكروماتين) كما توجد آثار منه في العضيات الخلوية التي لها القدرة على التضاضف الذاتي .
 - نستخلص أن أماكن تمركز ال ARN هي النوية و الهولي .
 - في بدليات النواة توجد الحموض النووية في منطقة من الهولي تدعى بالمكافئ النووي .

2. التركيب الكيميائي للحموض النووية :

يمكن التعرف على تركيبها الكيميائي من خلال الإماهة الكلية أو الجزئية .

• الإماهة الكلية : و جد أنها تتكون من :

- ا . القواعد الأزوتية : مركبات تشق جميعها من قاعدتين حقيقيتين غير متجانستين هما البرين والبيرميدين
- القواعد البرينية : موجود في ADN و ARN و هما الأدينين (A) و القولين (G) .
- القواعد البيريميدينية : وهي السيتوزين (C) والثيمين (T) يتواجدان في ADN واليوراسيل (U) و السيتوزين (C) يتواجد في ARN .

ب . السكريات البسيطة :الريبوز المسلقوص الأوكسجين $C_5H_{10}O_4$ (هينة حلقةية) يتواجدفي ADN الريبوز كامل الأوكسجين $C_5H_{10}O_5$ (هينة حلقةية) يتواجد في ARN .

ج . الحموض الفوسفورية :صيغتها الإجمالية H_3PO_4

• الإماهة الجزئية : تحرر النيكليوزيدات (ارتباط سكر

بسيط مع قاعدة أزوتية) أو تحرر النيكليوتيدات و هي عبارة عن نيكليوزيد + حمض فوسفوري .

3.بنية الأحاض النووية :

* البنية الأولية لل ADN :

تتحد الأنماط الأربعة من النيكليوتيدات في ال ADN لتشكل سلاسل طويلة تكون الرابطة بين وحدتين متتاليتين من النوع 3 - 5 فوسفور ثنائي الأستر أي أن كل مجموعة فوسفات مؤسرة مع هيدروكسيل السكر الخماسي في الوضعية 3 ومع هيدروكسيل السكر الخماسي الموالي في الوضعية 5.

* البنية ثلاثية الأبعاد لل ADN

: تحليل أبحاث العالم شارغاف : أجرالعالم شارغاف بحثاً تجربيا على أنماط مختلفة من الخلايا وذلك من أجل تحديد نسب الأسس الأزوتية إلى بعضها البعض في جزءالADN .

- ما هي المعلومات التي يمكن التوصل إليها من التحليل المقارن لمختلف نسب القواعد الأزوتية ؟

- ما هي الفرضية التي يمكن اقتراحها فيما يتعلق بتوضع مختلف القواعد الأزوتية ؟

الاستنتاجات : - يلاحظ تساوي في نسب القواعد الأزوتية Aمع T وGمع C وكذا $A = T$ و $C = G$ و

- المعامل $C + T / A + G = 1$. القواعد الأزوتية تكون مرتبطة بشكل أزواج T-A و C-G .

- أن تركيب ال ADN من حيث القواعد الأزوتية مميز لنوع معين إذ يختلف من نوع إلى آخر .

*** تحليل أعمال ويلكينز و فرانكلين :** أظهر هذين العالمين سنة 1953 ميزة ثانية لل ADN تبين و جود

طيف إنكسار الأشعة السينية المطبقة على الجزيئة - إن لهذه الأخيرة بنية حلزونية .

*** اعتمدا على هذه الحقائق التجريبية** إلترح العالمان واطسون وكريك نمط دقيق للبنية الثلاثية الأبعاد مميزة

بتواجد سلسلتين من متعدد النيكليوتيدات المقروئين مع بعضهما البعض على هيئة بنية حلزونية منظمة تكون فيها

الروابط الهيدروجينية بين القواعد الأزوتية كالتالي :

نوعية الروابط بين القواعد الأزوتية هيدروجنية بحيث ثنائية بين T-A و ثلاثية بين C-G .



التكامل و التوازني المضاد لسلسلتي ال ADN

• بنية الحمض النووي ARN : يوجد تشابه كبير بين ال ADN و ال ARN . تتكون جزيئة ARN من سلسلة

واحدة متعددة النيكليوتيد أي يتناوب الريبوز مع الفوسفات .

• أنواع ال ARN :

1. **ال ARN الريبوزومي :** يشكل حوالي 80 % من مجموعة

ال ARN الخلوي . يدخل في تركيب عضيات سيتوبلازمية صغيرة تسمى الريبوزومات .

2. **ال ARN الناقل :** يشكل حوالي 10 إلى 20% من مجموعة

ال ARN الخلوي . تضم حوالي 75 إلى 90 نكليوتيد تقوم بنقل

الأحماض الأمينية أثناء الإصطناع الحيوي للبروتين .

3. **ال ARN الرسول :** يمثل حوالي 5% من مجموعة ال ARN الخلوي . يكون فيه تتابع القواعد الأزوتية

مكمل لجزيئة ال ADN التي تستعمل كقالب لتشكلها .

أنواع الحالات الفيزيائية لأوساط البيولوجية :

حادثة التبدال : تجربة : إملا خمسة أحواض ذات أوجه متوازية على الترتيب .



1- بالماء المقطر 2- بمحلول من

الغلوكوز 3- بمحلول من زلال

البيض 4- بحليب نشاء 5- بحليب

ممدد في الماء (مستحلب ثابت) .

* وضع الأحواض الخمسة

بالتتالي على مسار حزمة من الأشعة الضوئية و ذلك في غرفة مظلمة .

* لاحظ مسار الحزمة الضوئية على مستوى كل حوض .

يظهر مسار الحزمة الضوئية على مستوى الحوض

3- على شكل سحابة متاخلة و تلاحظ على الشاشة

لطفة ضوئية أكبر ذات محيط غير تام الوضع بضاء

على محتوى الحوضين 4، و 5. و نلاحظ لطفة ضوئية

منتشرة على الشاشة . إن تبين الحزمة الضوئية على

مستوى الأحواض 3، 4، 5 يعود إلى إنكسار الضوء

إنها حادثة تبدال

تعمل الجزيئات الصلبة (حبيبات النشاء) أو القطيرات

الدهنية على الإنكسار التام للضوء .

هذا الإنكسار جزئي على مستوى الحوض 3 - 3 و هذه الظاهرة تعود إلى وجود جزيئات متناهية في الصغر

على مستوى المحلول الغروي .

هذه الجيئات التي تعبر بجزيئات ضخمة أو تجمعات لجزيئات و المسماة بالفيتيات تكون غير مرئية تحت

المجهر الضوئي لكون أن أبعادها أصغر من القدرة الفاصلة للمجهر الضوئي .

الخلاصة : تظهر لنا حادثة تبدال أن المحاليل الحقيقية محاليل منجاسة ، بينما المحاليل الغروية ، المعلقات

و المستحلبات غير منجاسة .

أنواع الحالات الفيزيائية لأوساط البيولوجية :

حالات تبعثر مكونات المادة الحية في الماء : يكون الماء مع مكونات المادة الحية الآخر أنظمة مبعثرة و هي

المحاليل و المعلقات والمستحلبات و الجدول الموالي يوضح سلم تدرج أبعاد الجزيئات المبعثرة في الماء .

الفيزيوحات	ميكروبيا	ماكيا
جزيئات	جزيئات	جزيئات
ماء سكرور	أحماض أمينية	بروتينات
محاليل حقيقية	محاليل غروية	مستحلبات و معلقات
0.4 نالوميتر	0.3 نالوميتر	10 نالوميتر
حد الرؤية بالمجهر الإلكتروني الضوئي	حد الرؤية بالمجهر الضوئي	حد الرؤية بالعين المجردة
1 نالوميتر يساوي 10 ⁻⁹ متر .	1 ميكرومتر يساوي 10 ⁻⁶ متر .	0.1 ميلي متر

تعريف المحلول وأنواعه : يتكون من المذاب والمذيب و بصورة أفق إنه حالة فيزيائية مستقرة متمثلة في خليط

من جسم أو عدة أجسام تسمى بالمذاب (جزيئات أو أيونات) في سائل يدعى المذيب (الماء) .

1. **المحلول الحقيقي :** متجانس وشفاف لا يمكن تمييز بين المذاب والمذيب .

2. **المحلول الغروي :** أعيش متجانس ظاهريا فارغ ضوئيا عند فحصه بالمجهر ، لزج نوعا ما . حادثة تبدال

تثبت بأنه غير متجانس .

3. **المحلول المعلق :** خليط غير متجانس يمكن تمييز حبيباته الصلبة الدقيقة بالمجهر الضوئي و بشكل حالة

غير ثابتة لأنه إذا ترك تترسب الحبيبات .

4. **المحلول المستحلب :** سائل عكر يتميز بمنظر القطيرات في محلوله .

الغلية الحيوانية :

مكونات الغلية الحيوانية تحت المجهر الضوئي :

1. فحص خلايا مخاطية الفم :

التجربة : ندخل الإصبع النظيف إلى داخل الفم و نحك بطانة الوجنة بطرف الإصبع فنحصل على قطرة من

سائل رمادي نضعها على الشريحة في قطرة ماء ثم نفحصها .

أ . - التلوين بماء اليود : نضيف للمحضر قطرة من ماء اليود .

الملاحظة : خلايا مقطوعة على شكل كتل ملتصقة مع بعضها أو منفصلة تتكون كل واحدة من مادة أساسية محبة هي الهيولى تحاط خلية بغشاء رفيع هو الغشاء الهيولى .

يوجد في مركز كل خلية كرية كاسرة للضوء هي النواة

ب . - التلوين بأزرق الميثيلين : نضيف لمحضر آخر قطرة من أزرق

الميثيلين ثم نفحصها .

الملاحظة : تكون الهيولى بالأزرق الفاتح تزداد التحبيبات خاصة حول النواة و هذه الأخيرة تتلون بشدة

بالأزرق تحوي شبكة دلكنة من الكروماتين (الصبغيين) و كربين لامتئين هما اللوبتان

- تحاط النواة بغلاف نووي تحصر بالداخل البلازما النووية-

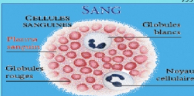
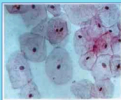
2. فحص سحبة دموية :

يمكن دراسة سحبة دموية للإنسان و ملاحظة

عدم وجود نواة في الكريات الحمراء و ملاحظة

الكريات البيضاء المختلفة الأنوية و ذلك باستخدام

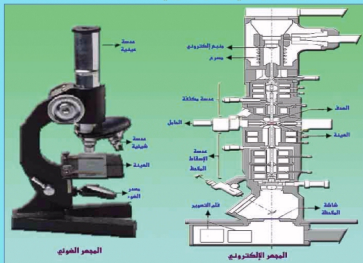
ملون جمسا .



تقنيات دراسة الخلايا :

تجهيز : بغرض تحديد مكونات الخلية و وظائفها الحيوية بشكل دقيق استعملت الأجهزة المخترعة حديثاً و مختلف التقنيات العصرية للوصول إلى هذا الهدف .

1 . **الدراسة المجهرية : المجهر الضوئي و المجهر الإلكتروني .**



الخواص

التكبير الاعتيادي من 1500 - 200.000 مرة وحتى 500.000
القدرة الفاصلة بين نقطتين مقاربتيين 3 A^0
المحضر تخترقه الإلكترونات
العدسات مكشوفات بخرف الإلكترونات
ملاحظة البنية الدقيقة

2. الزراعة خارج الأنظمة الحية أو الزراعة الزجاجية :

تسمح هذه التقنية بعزل نسيج حي ودراسة سلوكه في شروط تجريبية يمكن اختيارها و تغييرها .
بهذه الطريقة يمكن الحصول على مجموعات خلوية إطلافاً من خلية واحدة و يمكن تحليل طبيعة العلاقات بين خلوية بأنماج سلالات خلوية متميزة .
يُضخ أن هذه التقنية مشعرة و الخصوص فيما يتعلق بالتغذية التكاثر الخلوي و النمو الأيضي الخلوي ، لكن كذلك فيما يخص ظواهر التعارف الخلوي ، التحول الخلوي أو تأثير مختلف المواد على الخلية .

يمكن دراسة هذه الظواهر سواء على مستوى الخلايا السليمة أو على مستوى الخلايا غير العادية (خلايا سرطانية ، خلايا معاملة مثلاً بإشعاعات) .

3. طريقة القلم بعد التجهيز :

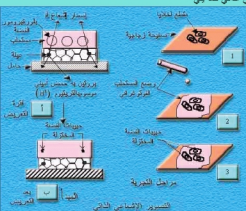
تتم وفق الخطوات التالية :

- تجفيد سريع في الأوت (180°M)
لقطعة من نسيج أو معلق خلوي أو راسب لعضيات .
- يتم قطع العينة خاصة في الأماكن الضعيفة الأقل مقاومة فإن العضيات تظهر بشكل بروتات .
- يتم نزع الجليد بالماء التسخين .
- يوضع راسب معدني (بلاتين Pt الكربون) على سطح القطع الذي يعمل كقالب حيث يتم بعد ذلك نزع البقايا الخلوية المرتبطة به و بالتالي الحصول على نسخة (استخراج نسخة من القالب) يتم ملاحظتها بالمجهر الإلكتروني .

4. التصوير الأشعاعي الذاتي :

تعتبر هذه التقنية في غاية الأهمية في ميدان الفيزيولوجية الخلوية و تسمح بتحديد :
* موقع تركيب (اصطناع) جزيئة في الخلية . * مسار هذه الجزيئة خلال الحياة الخلوية .
تتمثل تقنية التصوير الإشعاعي الذاتي في إدخال مواد تحوي عناصر مشعة ضمن الخلايا و ذلك إما عن طريق الحقن المجهرية أو توفيق الوسط المغذي بمواد مشعة حيث تمتص ضمن الأيضي الخلوي .
يصبح بذلك العنصر المشع مدمجاً ضمن المكونات العادية للخلية و يلعب بذلك دور عنصر استشفائي .
يمكن الكشف عن تركيز هذا العنصر الاستشفائي بفضل الإشعاعات الصادرة منه (α, β, γ) التي تنطلق على مستوى المستحلب الحساس للتصوير .
إن النظائر المشعة الأكثر استعمالاً في هذه التقنية هي التي تصدر اشعاعات من النوع β وخاصة الكربون ^{14}C ، الفسفور ^{32}P ، التريتيوم ^3H ، كما يستعمل في بعض الأحيان الكبريت ^{35}S أو اليود ^{131}I .

يمكن تلخيص تقنية التصوير الإشعاعي الذاتي كما يلي :



- توضع الخلايا بالتماس مع العنصر الاستشفائي المشع خلال مدة زمنية قصيرة ثم غسلها عادة بمحلول من نفس المادة غير المشعة .

- توضع المقاطع المثبة إما على صفائح زجاجية عند الدراسة بالمجهر الضوئي أو على شبيكات نحاسية عند الدراسة بالمجهر الإلكتروني .

- تسكب على المحضرات المعاملة و الموضوعة في غرفة مظلمة مستحلب حساس للتصوير (بلورات من برومور الفضة المعلقة في الجيلاتين) .

ترجع الإشعاعات β الصادرة من الأجسام المشعة حبيبات برومور الفضة إلى فضة معدنية .

- بعد مدة زمنية ملائمة (من بضعة أسابيع إلى بضعة أشهر) ، يكشف عن قشرة رقيقة تظهر مناطق موسومة بوجود حبيبات الفضة و التي تقابل المناطق التي تجمعت فيها المواد المشعة .
تتحل حبيبات الفضة غير المرجعة في المثبت المستعمل .

تسمح هذه الطريقة النوعية بالدرجة الأولى بتحديد تركيز مادة معينة على مستوى الخلية بفضل الاختيار الملائم للعنصر المشع المستعمل ، وتتبع تسلسل ظاهرة أيضية بمعالجة عينات النسيج المدروس في أزمنة مختلفة .

5. ما فوق الطرد المركزي :

التجزئة الخلوية تستلزم حرارة منخفضة لمنع حدوث تفاعلات حيوية و ذلك بعد سحق الخلايا ثم يوضع الناتج في محلول متساوي التوتر بالنسبة للوسط الخلوي حتى لا تتمزق العضيات الخلوية ثم يبنى هذا الخليط المتجانس بسرعة تكريجية و خلال فترات زمنية متقاربة و في كل مرة يتم الحصول على راسب يناسب كثافة المكونات الخلوية و على جزء طافي و تعاد عليه نفس العملية و بعد ذلك يحلل كل راسب على حدة تحليل كيميائياً باستخدام الكواشف (في حين يتم التحقق من طبيعة بنية المكونات بالمجهر الإلكتروني) .

يسمى المخطط التالي عملية التجزئة الخلوية بالسرعة المطلوبة مع تحديد نتائج التجزئة :



1 . قطعة العضو 2 . سقى الي 3 . ناتج مجازسة الخلايا قبل الطرد المركزي 4 . عملية الطرد المركزي الأولى عزل الأنوية 5 . عملية الطرد المركزي الثانية عزل الميتوكوندري 6 . عملية الطرد المركزي الثالثة فصل الميكروزومات

الخلية النباتية :

مكونات الخلية النباتية تحت المجهر الضوئي :

فحص البشرة الداخلية لحرشفة البصل :

التجربة : نختار حرشفة من الطبقة الوسطى لحرشفة بصلة ثم نزع البشرة الداخلية .

أ . الفحص بدون تلوين : نضعها بين صفحة و سائرة .

الملاحظة : عدد من الخلايا المضلعة المتطولة و المتلاصقة ببعضها .

بالتكبير القوي يظهر جدار الخلايا أسك من الغشاء الهولي يدعى بالجدار السيلوزي نلاحظ به ثقوب .

ب . باستخدام الأحمر المعتدل : نلاحظ تجاويف هي الفجوات العصارية تدفع بالنواة نحو حواف الخلية .

د . باستخدام محلول مركز من السكرور : يتناقص حجم الفجوة مما يؤدي إلى ظهور الغشاء الهولي الرفيع .

فحص خلايا ورقة نبات أخضر :

التجربة : نضع قطع عرضي رقيق من الورقة على شريحة زجاجية ونضيف له قطرة ماء ثم نفحص .

الملاحظة : نلاحظ خلايا مضلعة تحوي

عضيات خضراء هي الصانعات الخضراء كما تظهر في الصورة .

فحص خلايا نباتية ملونة طبيعياً (الثمار) :

التجربة : نضع عينة رقيقة و شفافة من هذه

الخلايا على شريحة زجاجية ثم نفحص .

الملاحظة : نلاحظ خلايا مظلة متلاصقة

مع بعضها تحوي نواة و كتل ملونة هي

الصانعات الملونة كما تظهر في الصورة .

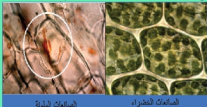
في حالة لب الطماطم تكون الخلايا الملاحظة ذات أشكال دائرية مفصولة عن بعضها تحوي نوات حولها كتل دائرية هي الصانعات الملونة

النتيجة: تظهر الخلايا النباتية تحت المجهر الضوئي محاطة

بجدار هيكلي سميك من طبقة سيلوزية يحوي عدد من الثقوب تحت غشاء ستوبلازمي رفيع يحوي السيوبلازم الذي تسبح فيه العضيات الخلوية المختلفة مثل النواة و الصانعات الخضراء كما نلاحظ فجوة أو عدة فجوات تشغل حيز كبير من الخلية و تضغط على النواة لتدفعها نحو الجدار

ملاحظة : الفجوة عبارة عن سائل (الماء) يحوي سكريات

و احماض امينية بالإضافة إلى املاح معدنية .



مقارنة بين الخلايا النباتية والحيوانية :

مكونات الخلية الحيوانية و النباتية تحت المجهر الضوئي :

1. **الخلية الحيوانية** : تظهر الخلايا الحيوانية بأشكال شبه دائرية في غالب الأحيان، متلاصقة أو مبعثرة .
الغشاء الميولي: غشاء رفيع جدا يحيط بكامل الخلية يظهر بشكل حط رفيع تحت المجهر الضوئي راجع (ما فوق بنية الغشاء الهولي) .

الميولي : بعد الهولي أو السيوبلازم من المركبات الخلوية الأساسية المعقدة ، ذات التركيب المتباين . تحدد الصفات الخاصة بالسيوبلازم مفهوم الحياة من حركة ونمو و تغذية و تنفس . من ناحية التركيب الكيماوي للسيوبلازم نجد فيه عدد كبير من المركبات الكيماوية مشكلة نظاما معقدا و متغير باستمرار . كما نسجل أن مكوناته في حالة تأثير متبادل فيما بينها وبين الوسط الخارجي . فهي تتمتع من الوسط المحيط مواد محددة و تفرح فيه مركبات أخرى و هو يتألف أساسا من الماء بنسبة عالية والبروتينات والأزيمات والليبيدات والأملاح والأيونات و السكريات و قسم كبير من ARN ، مشكلا وسطا سائلا يكون شفاف، يمتاز بالكثافة خاصة حول التواء ضمن هذا الوسط السائل تسبح مختلف عضيات الخلية . مثل الشبكة الهوليوية و جهاز كولجي و التواء و الميتوكوندريات .

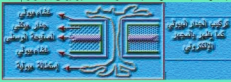
إن السيوبلازم يحتل حوالي نصف الحجم الكلي للخلية الحيوانية و أقل في الخلية النباتية و ذلك لوجود الفجوة العصارية . يتميز السيوبلازم بتيارات داخلية تطلعه . يعتبر مكان لتخزين كمية كبيرة من المواد الأساسية لحياة الخلية ، و يعتبر كذلك مقر لوظائف حيوية كثيرة . مثل التحليل السكري اللا هوائي و تركيب البروتينات .

النواة : جسم كروي كثيف كاسر للضوء محاط بغلاف نووي يتوضع في مركز الخلية تقريبا راجع (ما فوق بنية النواة) .

2. **تعريف النسيج** : مجموعة من الخلايا المتشابه من حيث الشكل و التركيب و الوظيفة ذات منشأ واحد .

3. الخلية النباتية :

تظهر الخلايا النباتية على شكل حبات متراصة و متلاصقة ذات أشكال هندسية و يرجع ذلك للجدار الهيكلي **الجدار الميكلي** : كل خلية نباتية نجدها محاطة و محدودة بجدار يكون خارج الغشاء الهولي ، هذا ما يميزها أكثر عن الخلية النباتية إذ يشكل ملجأ للخلية حيث يكسبها شكلها و صليبتها . إن الخلية النباتية دوما في حالة إنتاج لأنها تعيش في وسط ناقص التوتر و في هذه الحالة الماء ينتقل إلى وسطها الداخلي للفجوة العصارية عن طريق الحلول لتعديله يؤدي حتما إلى انفجار الخلية . لجدار الخلية عدة وظائف ، فهو يؤمن بنية و قوامة النبة .



الخلايا النباتية الغنية حديثة النشأة نجدها محاطة بجدار خلوي ابتدائي ذو بنية دقيقة بنسبة معينة من التواء مما يسمح بنمو الخلية هذا الجدار الابتدائي مكونا أساسا من السيليلوز ، حوالي 60 - 65 من هذا السيليلوز تتحد مكونة

خيوطات دقيقة ثم عدد من هذه الخيوطات الدقيقة تتحد على شكل خيط (حبل) لتشكيل ألياف قوية متصلة بمكونات بروتينية و مسكرية تكسبها بنية صلبة . تدريجيا يكتسب الجدار الخلوي سمك نتيجة وضع مواد جديدة خارج الخلية التي نقلت عن طريق الأطراح الخلوي (حوصلات كولجي) يتكون هذا الجدار نتيجة تراكم المواد المختلفة على الجدار الخلوي الابتدائي . كما يدخل في تركيب الجدار الخلوي الثانوي جزئية معقدة وقاسية هي للجلين بينما تتوضع على جدار الخلايا النباتية طبقة من الكيتين و الشموع الأخرى ، وهي مواد دهنية غير نفوذة للماء من أجل منع فقدان الخلية للماء . يتميز الجدار الخلوي بوجود ثقب تمر من خلالها الإستمالات الهوليوية .

الغشاء الميولي : عبارة عن خط رفيع يحيط بكامل الخلية و يكون تحت الجدار الهيكلي و قريب منه .

الميولي : عبارة عن سائل شفاف تتحل فيه الكثير من الأملاح و المواد كما يحوي مختلف عضيات الخلية وهي ساحة فيه .

النواة : أهم بنية في الخلية النباتية يفصلها عن الهولي غلاف خاص يسمى الغلاف النووي ، تحوي بداخلها البلازما النووية و التويات .

الصانعات: عبارة عن عضيات صغيرة الحجم تختلف عن بعضها من حيث اللون و الوظيفة ويمكن تقسمها إلى :

أ . **الصانعات الخضراء** : تعطي اللون الأخضر للأوراق و هي مقر عملية التركيب الضوئي . راجع (ما فوق بنية الصانعات الخضراء) .

ب . **الصانعات الملونة** : تشمل هذه الصانعات على أصبغة شبه كاروتينية ، فتأخذ تبعاً لذلك ألوانا متباينة من الأصفر إلى البرتقالي فالأحمر و تصادف في الثمار الناضجة مثل القفلة الحمراء ، الطماطم و البطيخ الأحمر و في ثوبجات بعض الأزهار مثل الورد الأصفر و التوليب وفي الجذور للحمية لشمند و الجزر . تتشكل هذه الأصبغة أساسا من صبغة الكروتين و صبغة الكسانثوفيل . لا يختلف شكل و أبعاد الصانعات الملونة كثيرا عن مثيلتها الخضراء . يعتقد أن لهذه الصانعات دور في التفاعلات الإستقلابية للسيوبلازم و دور هام في عملية التركيب الضوئي . بالإضافة إلى إعطائها اللون الخاص بالأعضاء النباتية و خاصة الثمار و الأزهار مما يساعد في عملية نشر البذور و التكاثر .

ج . **الصانعات عديمة اللون**: عضيات صغيرة لا تشمل على أصبغة نباتية، أشكالها غير محددة و أبعادها أقل من الصانعات الخضراء تصادف في جميع الأنسجة والأعضاء النباتية و خاصة في البذور و الثمرات و المجاميع الجذرية .

ترتبط وظيفتها مع تشكل المواد الانداجارية في الخلية فقد تتراكم فيها حبيبات من النشاء أو البروتينات أو قطرات من الليبيدات

ملحظة : تنشأ جميع أنواع الصانعات من عضيات صغيرة جدا تدعى طليعة الصانعات PROPLAST .

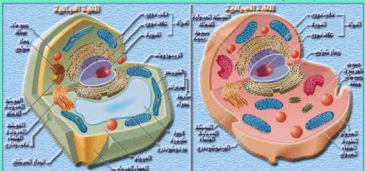
و قد بينت الأبحاث أن الصانعات الخضراء يمكن أن تتحول إلى صانعات ملونة أو إلى صانعات عديمة اللون كما يمكن للصانعات عديمة اللون أن تتحول إلى صانعات ملونة أو صانعات خضراء .

الفجوات : تحتوي الخلايا النباتية على فجوة واحدة كبيرة أو عدة فجوات و هي عبارة عن تجاويف محاطة بغشاء فجوي يحوي على سائل ملحة فيه أملاح معدنية و سكريات و أحماض أمينية .

الخصائص المميزة للخلايا النباتية والحيوانية :

مقارنة مع الخلية الحيوانية ، فإن الخلية النباتية تتميز ب :

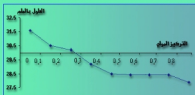
* وجود الجدار السليولوزي مقاوم و الذي يؤدي دور الهيكل . * وجود الصانعات القادرة على ادخار مختلفة المواد المصطنعة (النشاء مختلف الأصبغة) . * نظام فجوي متطور . * غياب الجسم المركزي .



الإظهار التجريبي لظاهرة مبادئ الماء .

تجربة 1 : أنجزنا أسطوانات من المنطقة للحمية لدرنة البطاطا أطوالها (30) سم ثم وضعت في (9) أوساط

التركيبة المولي مول / لتر	00	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
طول الأسطوانة بالم	31.6	30.5	30.2	29.2	28.5	28.4	28.4	28.4	27.9
قراءة الأسطوانة	مطبو	مطبو	مطبو	مطبو	مطبو	مطبو	مطبو	مطبو	مطبو



مختلفة التركيز من محلول السكر 12 ساعة في درجة حرارة 7م⁰ نزع الأسطوانات من المحاليل ثم تقصص و تقاس بدقة فكانت النتائج كما يلي:

1. أرسم منحني تغيرات أطوال الأسطوانات بالنسبة للطول الأصلي بدلالة التركيز المولي
2. قدم تفسيراً لهذه التغيرات
3. ما هي النتيجة المستخلصة من هذه التجربة ؟

• يفسر زيادة طول الأسطوانات باكتسابها للماء أي انتقال الماء من الوسط الخارجي إلى داخل خلايا الأسطوانة (في المحاليل 0.1 ، 0.2 ، 0.0) .

• يفسر نقصان طول الأسطوانات بفقدانها للماء أي انتقال الماء من خلايا الدرنات إلى الوسط الخارجي وهذا ما حدث في بقية المحاليل .

النتيجة : الماء ينتقل من الوسط المنخفض التوتر إلى الوسط العالي التوتر وهذا ما يطلق عليه الحلول

تجربة 2 : خذ قشرة البصل وعلى أحد حرافها الخارجية (ملونة طبيعياً بأصبغة أنثوسيانينة منحلة في العصارة الفجوية) أنجز مربعات خذ ثلاث مربعات ونزع بشرتها الخارجية - البشرة الأولى ضعها في الماء المقطر - البشرة الثانية ضعها في محلول سكري تركيزه 20% - البشرة الثالثة ضعها في محلول سكري تركيزه 35% . بعد دقيقتين ، ركب كل قطعة بين صفيحة زجاجية و سطرة في قطرة من المحلول أين كانت موضوعة .

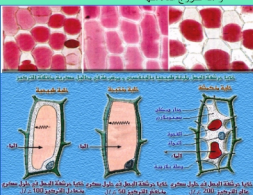
• الفحص كل محضر بالمجهر ثم أرسم خلية من كل محضر . ما هي الملاحظات المسجلة في كل حالة ؟

• قدم تفسيراً للظاهرة المدروسة . ماذا تستنتج ؟

الملاحظات : 1 . الخلايا الموضوعة في المحلول السكري بتركيز 20 % تظهر كما هي في الحالة الطبيعية .

2 . الخلايا الموضوعة في الماء المقطر تظهر منتفجة بسبب زيادة حجم الفجوة العصارية وهذا راجع لدخول الماء إليها .

3 . الخلايا الموضوعة في المحلول السكري بتركيز 35 % تظهر منكمشة بسبب نقص حجم الفجوة العصارية و هذا لخروج الماء منها .

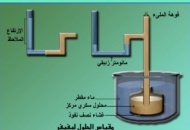


التفسير: في الحالة الثالثة تبدو الخلايا منكمشة لخروج الماء وهذا لكون الوسط الخارجي (الموضوعة فيه الخلايا ، المحلول السكري) أعلى تركيز منها فخرج الماء من الوسط الأقل تركيز إلى الوسط الأعلى تركيز .

• في الحالة الثانية تبدو الخلايا منتفجة لدخول الماء إليها وهذا لكون الوسط الخارجي (الموضوعة فيه الخلايا المحلول السكري) أقل تركيز منها . فدخل الماء من الوسط الأقل تركيز إلى الوسط الأعلى تركيز .

النتيجة : ينتقل الماء من الوسط الأقل تركيز إلى الوسط الأعلى تركيز و تدعى هذه الظاهرة بظاهرة الحلول .

التفسير الفيزيائي لظاهرة تبادلات الماء :



التجربة : تقام العالم بغير بآحضار أناء فخاري وصب فيه محلول من فيروسياتور البوتاسيوم + كبريتات النحاس حدث تفاعل بين المحلولين و ترسب في قاع الإناء رسب من فيروسياتور النحاس الذي يلعب نور الغشاء النصف نفوذ .

مثلاً بغير الإناء الفخاري بمحلول سكري مركز و أوصل به مقياس للضغط عبارة عن صود من الزئبق أدخل الإناء بحوض به ماء مقطر بعد أن وضع علامة على مستوى الزئبق في الأنبوب الزئبقي و سماها النقطة أ .

الملاحظة : لاحظ بغير ارتفاع مستوى الزئبق من النقطة أ إلى النقطة ب ثم توقف .

التفسير : يفسر ارتفاع مستوى الزئبق بانتقال الماء المقطر من الحوض إلى الإناء الفخاري و هذا ما أدى إلى زيادة حجم المحلول السكري فيضغط على الزئبق . ويعود التوقف إلى توقف دخول الماء و طبيعة الغشاء النصف نفوذ التي تمنع جزيئات السكر من المرور إلى الحوض .

زيادة الضغط : و السبب في ذلك هو دخول الماء الذي انتقل من الوسط الأقل تركيزاً عن طريق قوة جذب يؤثر بها المحلول السكري و تدعى قوة الضغط الحلولي ، وتهدف إلى محاولة إحداث توازن في تركيز المحلولين .

صلياً لا يمكن أن يحدث التوازن في تركيز المحلولين . و التوقف يعود إلى ظهور قوة تسمى قوة توازن السوائل التي تنشأ نتيجة زيادة حجم المحلول السكري و بالتالي يزداد الضغط الذي يسلطه على الغشاء النصف نفوذ و كذا جزيئات الماء لمنعها من الدخول وهي مساوية لقوة الضغط الحلولي ومعاكسة لها في الاتجاه .

النتيجة : ينتقل الماء عبر الأغشية النصف نفوذة من الوسط الأقل تركيزاً إلى الوسط الأعلى تركيزاً بقوة الضغط الحلولي و التي تعمل على إحداث التوازن بين محلولين مختلفي التركيز .

قانون الضغط الحلولي : يعطى قانون الضغط الحلولي العام بالعلاقة التالية : (قانون فانت هوف) .

$$\text{ض} = \pi \cdot n \cdot \alpha^* \cdot d \quad \text{Po} = N \cdot T \cdot K$$

K : ثابت . T : درجة الحرارة المطلقة . N : عدد مولات الجزيئات / لتر = M / C .

بحيث ض = قوة الضغط الحلولي و حدثها ضج أو باسكال = 1 باسكال = 10^{-5} ضج

π = ثابت الغازات = 0.082

n = التركيز المولي (مول / لتر) = مول / لتر = التركيز الكتلي غ / ل / الكتلة المولية غ / مول

$$\pi = \frac{n}{M/C}$$

α = عامل التشرد أو التآين = 0 = درجة الحرارة المطلقة و حدثها كالغن $T + 273$.

مثال 1 : أوج قيمة الضغط الحلولي للكريات الحمراء إذا علمت أن ضغطها الحلولي = الضغط الحلولي لمحلول ملح الطعام بتركيز 0.9 % في درجة حرارة 37م⁰ .

الحل : القانون - ض = $\pi \cdot n \cdot \alpha^* \cdot d$.

ض = الضغط الحلولي ؟ $T = 37 + 273 = 310$ كالغن . $R = 0.082$ (التركيز كتلي) = 9 غ / لتر

الوزن الذري للصوديوم = 23 و للكلور = 35.5 . إذن M (الكتلة المولية) = $35.5 + 23 = 58.5$. $2 = \alpha$.

$$\text{إذن ض} = 0.082 \cdot 310 \cdot 9 \cdot 58.5 \cdot 2 = 7.82 \text{ ض ج}$$

مثال 2 : تغير محلول ملح الطعام بمحلول سكر العنب .

فما هو التركيز اللازم مقدراً بالغرام / لتر لكي تحافظ الكريات الحمراء على شكلها الطبيعي (مترنة)

لدينا القانون السابق : - ض = $\pi \cdot n \cdot \alpha^* \cdot d$. حيث n = التركيز الكتلي / الكتلة المولية .

$$\text{ض} = 7.82 = 0.082 \cdot 310 \cdot M / C \cdot 1 \quad \text{و منه } C = 55.37 \text{ غ / لتر}$$

تطبيق : وضعت كريات دموية حمراء لإنسان في محلول يتكون من 80 مل ماء مقطر + 0.09 غ غلوكون

+ 1.71 غ سكروز + 1.17 غ ملح الطعام في 27م⁰

ما هي الحالة الفيزيولوجية للكريات الحمراء إذا علمت أن الضغط الحلولي داخل الكريات في الحالة العادية يساوي 7.6 ض ج .

مبادئ المواد المنحلة :

الدراسة التجريبية لظاهرة المبادلات الغلوية للمواد المنحلة .

إظهار نفاذية الخلية للمواد المنحلة :

التجربة : صنع قطعة من البشرة الخارجية لحرشفة البصل البنفسجية اللون على صفيحة زجاجية + قطرة من خلاصات النشادر تركيز 4 غ/ل لاحظ أولا مظهرها بعد التركيب مباشرة و بعد مضي 15 دقيقة

الملاحظة : الخلايا تكون منكشحة مع ازدياد تركيز اللون ثم زوال الانكماش مع ثلثون فجوة باللون الوردي

التفسير : - انكماش الخلايا راجع للخروج السريع للماء لأن الوسط الخارجي أعلى تركيزا من المحتوى الخلوي - زوال الانكماش راجع لدخول الماء لكون الوسط الخلوي أعلى تركيزا من الوسط الخارجي بسبب خلاصات النشادر التي دخلت الخلية و التي غيرت لون الفجوة

النتيجة : الخلية نفوذة للمواد المنحلة

أبواب النفاذية :

النفاذية الموجبة : تجربة 1 : حرشفة بصل داخلية + أحمر معتدل مخفف .

الملاحظة : ثلثون الفجوات بشدة باللون الأحمر .

التفسير : دخول الأحمر المعتدل إلى داخل الفجوة و يصبح تركيزها في الفجوة أكثر من الخارج .



النتيجة : يتكثف الأحمر المعتدل في الفجوة .

التجربة 2: نغسل القطعة السابقة بالماء المقطر، نفحص بالمجهر

الملاحظة : بقاء الفجوات ملونة بالأحمر وعدم خروج الأحمر

مثال منها .

تفسير: أن الأحمر المعتدل

دخل بسرعة إلى الخلية ولا

ج منها أي أنه نفوذ في اتجاه واحد .

نتيجة : نفاذية الغشاء الهولي الأحمر المعتدل لا يخضع لقانون الانتشار النفاذية الموجبة لغرض التكديس

تجربة 3 : تعامل المحضر السابق بحمض مركز أو لظيان .

الملاحظة : ثلثون الوسط الخارجي بالأحمر .

تفسير : بسبب موت الخلية (الغشاء الهولي) يفقد القدرة على النفاذية الموجبة و التكديس .

نتيجة : النفاذية الموجبة ظاهرة تتوقف على حيوية الخلية .

نفاذية التفاضلية والاختيارية :

تجربة 1: نأخذ قطعتين من حرشفة البصل البنفسجية* نضع الأولى في محلول الاستاميد بتركيز 2.5 مول/ل

ثلاثية في محلول

راماميد بتركيز 2.5 ل .

الملاحظة : حدوث الانكماش

في القطعتين بسرعة . ثم

له في الأولى بعد 5 د

في الثانية بعد 2 د

تفسير : زوال الانكماش

بسبب دخول جزيئات

مولولين . غير أن سرعة

دول القوراماميد كانت

أرع بسبب صغر وزنه

زيتي 45 مقابل 59 .

نتيجة: المواد ذات

جزيئات صغيرة الحجم

تدخل أسرع دخولا

كبيرة من المواد ذات

جزيئات كبيرة حجم

تجربة 2 : وضع خلية في قطرة من الأحمر المعتدل المخفف و السكروز بتركيز 0.9 مول/ل ثم الفحص .

الملاحظة : ثلثون الفجوة بالأحمر ،

حدث الانكماش في ز 1 عدم

الانكماش في ز 2 .

تفسير : ثلثون الفجوة بالأحمر

دخول الأحمر المعتدل و كان

ماء يخرج منها ، لأن الوسط

ارجسي عالي التركيز من حيث

سكروز . عدم زوال

كماش في ز 2 بسبب عدم

دول السكروز إلى الخلية

جزيئات الأحمر المعتدل أكبر حجما من جزيئات سكروز

نتيجة : تقوم الخلية بنشاط حيوي قد يكون مصحوبا باستهلاك طاقة لإدخال بعض المواد قبل أخرى

وتنوعها و هذا ما يعرف بالنفاذية الاختيارية .

تفسير الفيزيائي والحيوي لانتقال المواد المنحلة .

1 . التفسير الفيزيائي لانتقال بعض المواد : تجربة ديتروشيه :

من العالم ديتروشيه حوض زجاجي و ملئه بماء مقطر و أدخل فيه أنبوب قاعته عريضة سده بغشاء نفوذ

مولوفان) و ملأ هذا الأنبوب القمعي بمحلول سكري ترك التجربة ساعة من الزمن .

نتيجة 1 : ارتفاع مستوى المحلول السكري من أ إلى ب .

2 . تغير طعم الماء المقطر و أصبح حلو في الزمن الأول .

3 . انخفاض مستوى المحلول السكري في الأنبوب القمعي في الزمن الثاني .



تفسير : - ارتفاع مستوى المحلول السكري راجع إلى انتقال الماء المقطر من الحوض إلى الأنبوب القمعي

من الوسط أقل تركيز إلى الوسط الأقل تركيز) .

- تغير طعم الماء المقطر راجع إلى انتقال جزيئات السكر من الأنبوب القمعي إلى الحوض عبر

نفاذية أو الانتشار) انتقال المواد المنحلة من الوسط الأعلى تركيز إلى الوسط الأقل تركيز) .

نتيجة : انتقال جزيئات المواد المنحلة من الوسط الأعلى تركيز إلى الوسط الأقل تركيز عبر غشاء نفوذ وفق

نفاذية أو الانتشار و هي ظاهرة فيزيائية و هذا ما يتم عبر الأغشية السيترولازمية الخلوية .

2 . التفسير الحيوي لانتقال بعض المواد المنحلة :

التيه فنقل بعض المواد المنحلة إلى الخلية يتم بطرق أكثر تعقيدا من الانتشار (فيزي) و كمثال عن هذه

المنحلة جزيئات سكر العنب .

نتيجة : تتم التجربة وفق المراحل الثلاثة التالية :

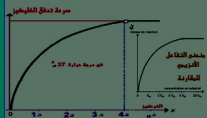
1- وضع كريات الدم الحمراء مستخلصة من دم إنسان في محلول D غلوكوز مشع و يحافظ على تركيز

أول بحيث يبقى دائما أكبر من تركيز كريات الدم .

نتائج : يسمح لنا قياس الإشعاع الصادر من الخلايا النموية برسم منحني يعبر ع سرعة دخول D غلوكوز

الكريات الحمراء بدلالة تركيزه في الوسط الخارجي .

نتيجة تدفق الغلوكوز في الخلايا بدلالة تركيزه في الوسط الخارجي .



أ- زاد التركيز زادت سرعة التدفق علاقة

ردية إلى أن تصل نقطة معينة (ان)

يسرع بعدها المنحني ثابت أي سرعة التدفق

تساوي زادت في التركيز .

نتيجة: أن هذا المنحني مميز لحركة التفاعلات

يميائية التي تتعلق فيها سرعة التفاعل بعدد

ناتج الأستزيم المتوفرة و يحدث التسريع

ما تشمل جميع جزيئات الأستزيم بعدها تصبح

ع ثابتة .

نعيد نفس التجربة السابقة لكن في درجة

أ 0 م 0 .

نتائج : نلاحظ انخفاض المنحني أي تناقص في كمية تدفق الغلوكوز إلى داخل الخلية إلى أن تتوقف تماما

تفسير : أن تفاعلات دخول الغلوكوز تشبه تماما التفاعلات الأستزيمية لأنها تتأثر بالحرارة . أي أن هناك

ن من طبيعة بروتينية

نستدل D غلوكوز ب L غلوكوز نعيد نفس التجربة السابقة في درجة حرارة 37 م 0 . نلاحظ عدم دخول L

كوز إلى كريات الدم الحمراء . و هذا يعني أن الخلية لم تسمح بدخول L غلوكوز .

من الاستدلال أن الغشاء الخلوي تعرف على D غلوكوز (يتميز هذا النوع من الفعل بالتخصص و هو ما

يب تماما مع تخصص التفاعلات الأستزيمية .

نتيجة : يستغل الغلوكوز عبر الغشاء الهولي و ذلك بارتباطه بأحد مكونات الغشاء الهولي الذي يلعب دور

ال نوعي يتم هذا النوع من النقل في اتجاه تدرج التركيز فهو نقل مسهل أو انتشار سهل و التوافق هي

ناتج مندمجة في الغشاء الهولي .

تمهيد : تنتقل بعض المواد المنحلة من الوسط الأعلى تركيز نحو الوسط الأقل تركيز إما بظاهرة فيزيائية بحثة أو بتدخل حيوية الخلية و هذا النوع من الانتقال يتطلب .

انتقال شوارد الصوديوم : إذا علمت إنه في الحالة الطبيعية يكون توزيع شوارد Na^+ و K^+ على جانبي غشاء الكريات النوية الحمراء وفق المعطيات في الجدول التالي .

نوع الشوارد	البلازما	سيتوبلازما
Na^+	325 مل	0.5 مل
K^+	0.20 مل	4.5 مل

* ما هي الفرضية التي تضعها لانتقال شوارد Na^+ من خلال هذا الجدول؟

الفرضية: يكون انتقال شوارد Na^+ من الوسط الخارجي (البلازما) إلى الوسط الداخلي (سيتوبلازما كريات الدم الحمراء) لتحقيق من الفرضية تقوم بتجربة.

التجربة: نضع كريات الدم الحمراء في شروط مختلفة بوجود Na^+ و K^+ المشعة و يلخص الجدول التالي النتائج المحصل عليها .

مراحل التجربة	1	2	3	4
الشروط التجريبية	كريات حمراء في درجة 37 م بدون غلوكوز وبيروج	كريات حمراء في درجة 37 م وبيروج غلوكوز وبيروج	كريات حمراء في درجة 2 م وبيروج غلوكوز وبيروج	كريات حمراء في درجة 37 م وبيروج غلوكوز وبيروج
البيانات	خروج K^+ من كريات حمراء ودخول Na^+ إليها	خروج K^+ من كريات حمراء ودخول Na^+ إليها	خروج K^+ من كريات حمراء ودخول Na^+ إليها	خروج K^+ من كريات حمراء ودخول Na^+ إليها

سؤال: كيف تفسر النتائج

المحصل عليها من خلال مقارنة المراحل التجريبية ؟

1. المرحلة 1 : في غياب الغلوكوز نلاحظ حدوث ظاهرة العيز الانتقال من الوسط الأعلى تركيز إلى الوسط الأقل تركيز أي دخول الصوديوم Na^+ وخروج البوتاسيوم K^+ الخلية نفوذة لشاردتين Na^+ و K^+ .

2. المرحلة 2: الحرارة مناسبة توفر الغلوكوز توفر O_2 نلاحظ طرح Na^+ ودخول K^+ عكس تدرج التركيز

3. المرحلة 3 : الحرارة منخفضة توفر الغلوكوز O_2 يؤدي إلى نفس نتائج المرحلة 1 .

4. المرحلة 4 : حرارة مناسبة توفر الغلوكوز و غياب O_2 يؤدي إلى نفس نتائج المرحلة 2 باعتبار أن الكريات النوية الحمراء لا تحتوي على ميتاكوندري فهي لا تحتاج إلى أكسدة الغلوكوز .

التفسير : * بمقارنة المرحلة 1 - 2 : نستنتج أن فرق التركيز يتطلب مصدر طاقة .

* بمقارنة 3 - 2 : نستنتج أن فرق التركيز يتطلب الحرارة الملائمة . يعني أنها الظاهرة حيوية أزيومية بتدخل البروتينات الغشائية .

* بمقارنة 4 - 2 : نستنتج أن فرق التركيز لا يتطلب أوكسجين لتفكيك الغلوكوز والحصول على الطاقة (ATP).

يفسر شيات توزيع الشوارد على جانبي الغشاء إلى حدوث حركة للشوارد عكس تدرج التركيز و هذا العمل يتطلب طاقة أنه النقل الفعال .

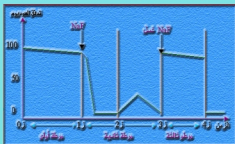
النتيجة : الاختلاف الشاردي ناتج عن نشاط حيوي مصحوب باستهلاك طاقة أي أنه نقل فعال والذي يتمثل في انتقال الشوارد عكس تدرج التركيز و يتطلب تدخل أزيومات غشائية (نواقل) واستهلاك طاقة على شكل ATP.

نطبق : إذا علمت أن تركيز Na^+ في البلازما أكبر من داخل الكرية الحمراء عكس K^+ . نقوم بالتجربة التالية على عدة مراحل :

المرحلة (1) : نحقق الكرية الحمراء في زه بكمية قليلة من Na^+ المشع حتى لا يتساوى تركيز Na^+ في الوسطين . نوضع بعدها في بلازما غير مشعة والذي يحدد بانتظام حتى نتأكد من تتبع خروج الإشعاع وعدم دخوله إلى الكرية مرة أخرى وبعدها نقيس كمية الإشعاع الظاهرة .

المرحلة (2) : نقيس ز1 نضيف للبلازما مادة فلوريد الصوديوم NaF التي توقف تركيب الـ ATP وعند ز2 نحقق الكرية بكمية من الـ ATP .

المرحلة (3) : نقيس ز3 نعيد الكريات إلى وسطها الطبيعي بعد غسل NaF و في ز4 نعيد المرحلة (1) و لكن في حرارة 0.5 م⁰ فنلاحظ تناقص مفاجئاً لنسبة الإشعاع في البلازما-النتائج المحصل عليها ممثلة في المنحنى:



التحليل :

المرحلة 1: ظهور الإشعاع في الوسط الخارجي خروج Na^+ . خروج Na^+ عكس تدرج التركيز .

المرحلة 2: بوجود NaF أدى إلى تناقص معتبر لخروج Na^+ وعند إضافة ATP أدى إلى خروج Na^+ بكمية كبيرة . خروج Na^+ يتطلب طاقة مصدرها إمامة ATP .

المرحلة 3: غسل NaF استعادة الخلية نشاطها الطبيعي وحيث تركيب ATP . عند انخفاض درجة الحرارة يلاحظ

نقص كبير في خروج Na^+ . إن نقل Na^+ إلى الخارج يتم بنواقل ذات طبيعة بروتينية .

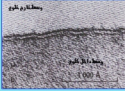
مفهوم النقل الفعال : هو انتقال الشوارد عكس تدرج التركيز و هو نشاط حيوي يتطلب طاقة مصدرها إمامة الـ ATP و يتم بتدخل نواقل ذات طبيعة بروتينية .

أمثلة على النقل الفعال : النفاذية الاختيارية . النفاذية الموجهة أو التكتيس . البلمعة . مضخة الصوديوم .

ما فوق بنية الغشاء الميولي :

التهجين : اعتمد كأساس لمعرفة التركيب الكيميائي للغشاء الهيولي الملاحظات العلمية التالية :

- 1 - إن المواد التي تقبل الذوبان في الدهون تتغلز أسرع من المواد التي تذوب في الماء .
 - 2 - المناعة الخلوية الكيميائية بينت وجود بروتينات كروية على سطح الخلايا للمفاوية .
 - 3 - إن إضافة أنزيم البروتياز (يخرّب البروتين) إلى الكريات الدموية الحمراء يؤدي إلى انفصال بيثيدات سكرية من سطحها الخلوي .
- نستنتج من نتائج هذه الأبحاث أن التركيب الكيميائي للغشاء الهيولي : يدخل في تركيبه الدهون البروتينات الجذور السكرية .



ما فوق بنية الغشاء الميولي :

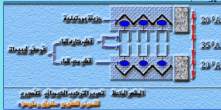
1 . الغشاء كما يبدو تحت المجهر الإلكتروني :

يبدو الغشاء الهيولي من خلال الملاحظة تحت المجهر الإلكتروني أنه مكون من ثلاث طبقات طبقتين عاتمتين و طبقة نيرة

2 . النموذج المصفيحي (دانيال و داوسن) :

كان ذلك سنة 1936 قبل استعمال المجهر الإلكتروني حيث اعتمدا على :

* خواص الفوسفوليبيدات والبروتينات . * المظهر العام



إنه النموذج الأول المقترح من طرف العالمين ، حيث قدما فرضية حول بنية الغشاء الهيولي تنص على أن هذا الأخير مكون من وريقتان متكونتان بنورهما من جزيئات فوسفوليبيدية مغطاة بشريط مستمر من البروتينات . تتكون الفوسفوليبيدات من منطقة الرأس و ذيلين مكونين من ذرات الكربون و الهيدروجين .

يكون رأس الفوسفوليبيد محب للماء ، إذ يتفاعل مع جزيئات الماء مكونا عادة روابط هيدروجينية في حين أن ذيل هذه الفوسفوليبيدات تكون كارهة للماء و لا تشكل مثل هذه الروابط و تبقى بذلك بعيدة عن جزيئات الماء . تتجه الرؤوس المحبة للماء ناحية الوجه الداخلي و الوجه الخارجي للغشاء ، أما الذيل الكارهة للماء فتكون مقابلة لهذه الرؤوس ، كما في الشكل .

إن هذا النموذج يفسر جيدا ثبات الغشاء الهيولي ، و تماسك جزيئات الدم ، غير أنه لا يسمح بتفسير مبادلات الماء و المواد الغير قابلة للذوبان في الدم . و عليه نستنتج ما يلي :

هذا النموذج مرفوض للأسباب التالية :

- 1 - لا يستطيع الماء العبور عبر الأقطاب الكارهة للماء (فوسفوليبيد) مزدوج .
- 2 - بعض المثبتات لا تعطي نفس الصورة المشاهدة بالمجهر الإلكتروني عند استعمال رابع أوكسيد الأوزيوم (OsO_4) .
- 3 - هذه الفرضية لا تسمح بتفسير تنوع أنوار الغشاء الهيولي .

3 . النموذج الفسيفسائي المائم :

أقترح هذا النموذج من طرف سينجر و نيكلسن سنة 1972 و وفق هذا النموذج فإن الغشاء الهيولي مكون من : بقتين من الدم تتخللهما جزيئات بروتينية مختلفة الأحجام . يكسب هذا التوضع للبنية الجزيئية للغشاء الهيولي مظهرا فسيفسائيا . تكون رؤوس جزيئات الفوسفوليبيد المحبة للماء ، المنطقة الخارجية للطبقتين وتتفاعل مع جزيئات ماء الوسط الخارجي و سيتولزام الخلية . تتكون ذيل الفوسفوليبيد الكارهة للماء متوضعة في اتجاه معاكس للماء وتتفاعل مع بعضها البعض على المستوى الداخلي للطبقتين .

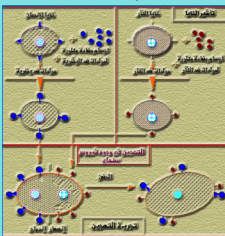


تتوضع الجزيئات البروتينية الغشائية بشكل كثيف ضمن جزيئات الفوسفوليبيد و توزعها على مستوى الغشاء يكون إما منتظما أو مندمجا على شكل كتل .

إن أهم خاصية لهذه البروتينات الغشائية هي كونها تظهر مناطق محبة للماء تتفاعل مع رؤوس الجزيئات الفوسفوليبيدية على مستوى سطح الغشاء لكنها تظهر أيضا مناطق كارهة للماء و التي تتفاعل مع ذيل الجزيئات الفوسفوليبيدية على المستوى الداخلي للغشاء .

• شرح تجربة تثبت الحركة المستمرة لمكونات الغشاء الميولي :

تجربة التهجين الخلوي : بعد تأثير البروتينات المكونة للغشاء الهيولي لكل من خلايا الإنسان و خلايا الفار بأجسام مضادة نوعية مفورة نقوم بزراعتها معا في وسط به فيروس سندي الذي يسهل اندماج الخليتين .



الملاحظة : اندماج الخليتين في جانب نلاحظ بروتينات غشائية للإنسان و في الجانب الآخر نلاحظ بروتينات غشائية للفار (قفلة حمراء بالنسبة للإنسان .

• قفلة خضراء بالنسبة للفار) .

* بعد 40 دقيقة تتوزع القفلة بشكل متجانس على محيط الغشاء الهجين للخلية .

النتيجة : بروتينات الغشاء الهيولي في حركة مستمرة . البروتين الخارجي قد يصبح داخلي و البروتين الداخلي قد يصبح خارجي أو يصبح ضمن الطبقتين من فوسفوليبيدات

مزايها النموذج الفسيفسائي المائم :

1 . يسمح بتفسير العديد من وظائف الغشاء الهيولي .

2 . نفاذية المواد القابلة للذوبان في الدهون نتيجة تركيبه من فوسفوليبيدات .

3 . الماء يمر عبر هذا النموذج بالحلول عن طريق القنوات المشكلة من جزيئات البروتينات الضمنية

4 . الفلوكوز بالانتشار المسهل بواسطة ناقل غشائية نوعية من طبيعة بروتينية .

5 . شولرد ال Na^+ و ال K^+ بالنقل الفعال المزدوج المعبر عنه بمضخة ال Na^+ و ال K^+ .

طرق انتقال المواد عبر الغشاء الميولي :

مقدمة : الخلية ليست نظام مغلق بلا علاقة و لا إتصال مع الوسط المحيط بها، بل على العكس من ذلك . إذ يمكنها أن تطرح فيها مجموعة من الشوارد و الجزيئات . كما يمكنها إقامة علاقات مع الخلايا المجاورة لها . كما أنها تتلقى من هذا الوسط إشارات كيميائية تعدل سير تفاعلات ووظائفها الحيوية .

الغشاء الهولي نفوذ بشكل إنتقائي لبعض الشوارد و لبعض الجزيئات التي يتم نقلها من الوسط الخارج خلوي في إتجاه السيترولازم أو في الإتجاه المعاكس .

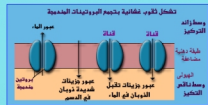
إن نقل الشوارد يحفظ قيمة ال Ph و التركيب الشاردي في مجال ضيق و محدد حتى يكون الوسط الداخل خلوي أكثر ملائمة للنشاطات الأثرية . في حين أن نقل الجزيئات يسمح للخلية بإدخال ما تحتاج إليه من عناصر لتركيب مواد مختلفة ، أو مواد منتجة للطاقة . كما يمكنها هذا النوع من النقل من طرح فضائتها .

إن هذا النقل يتم بفضل مكونات الغشاء الهولي و بالخصوص البروتينات التي تتعلق صلبا بدرجة التركيز الموجودة بين الوسط الداخل خلوي و الوسط الخارج . كما يتعلق أيضا بالنسبة لبعض من هذه البروتينات فيما بينها بمدى النشاط الطاقوي الخلوي . عندما يكون النقل في إتجاه تدرج التركيز (أي من الوسط الأعلى تركيز إلى الوسط الأقل تركيز) ، فإن هذا النقل يسمى النقل الغير فعال . أما إذا كان النقل في إتجاه معاكس لتدرج التركيز (أي من الوسط الأقل تركيز إلى الأعلى تركيز) ، فإن هذا النقل يسمى النقل الغير فعال و هو يتطلب طاقة .

1. النقل الغير فعال :

يتم بالانتشار عبر الطبقة الدهنية المضاعفة بالنسبة للأوكسجين و غاز الكربون و كذا بالنسبة للمواد التي تنقل الذوبان في الدم ، مثل الأحماض الدهنية و الكحول الإيثيلي و الكليستول . أما بالنسبة للماء و لشوارد K^+ ، Na^+ فإن المرور عبر الغشاء الهولي يتم من خلال قنوات دقيقة مكونة من بروتينات مندمجة في الغشاء

يوضح الرسم التخطيطي التالي طرق انتقال المواد عبر الغشاء الميولي بالنقل الغير فعال :



يؤدي هذا النوع من النقل إلى تحقيق الأثران بين الوسط الخلوي و الوسط الخارجى . حيث يتم انتقال المواد عبر الغشاء في اتجاه تدرج التركيز دون صرف طاقة و بدون تدخل لمكونات الغشاء الهولي .

ملاحظة : إذا كانت المواد بأوزان جزيئية مختلفة و طبيعة كيميائية متماثلة فإن سرعة التناقل تكون بدلالة الأوزان الجزيئية . أما إذا كانت هذه المواد بأوزان جزيئية متقاربة و طبيعة كيميائية مختلفة فإن سرعة التناقل تتغير بتغير درجة الذوبان في الدم .

أ يتم انتقال المواد القابلة للذوبان في الدم بالحلالات في الطبقة الفوسفوليبيدية للغشاء .

يتم نقل الماء و الأيونات و الجزيئات التي تذوب فيه عبر القنوات المتشكلة إثر إلتحام الجزيئات البروتينية الغشائية

حالة خاصة من النقل الغير فعال : الانتشار المسهل :

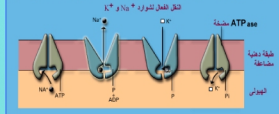
يعتبر الانتشار المسهل حالة خاصة من النقل الغير فعال ، فهو يتم دائما مع تدرج التركيز لكن يتدخل نظام ناقل جدد متخصص و ذلك



يؤدي إلى إسرار العملية . أي أن هذا النوع من النقل يتم بتدخل ناقل غشائية ذات طبيعة بروتينية تسمى البريماز . وفقا لثلاث مراحل كما هي موضحة في الشكل السابق .

2. النقل الفعال :

يتم بفضل مضخات غشائية مكونة من تحت وحدات بروتينية ، أثناء عملية النقل يتم فسفرة التحت و حدث البروتينية المكونة للمضخة و هذا بفضل (ATP) بعدها يتم نزع الفسفور . هذه الظواهر تحدث تغيرات على مستوى المضخات مما



يسمح للشوارد من المرور عبر الغشاء الهولي في إتجاه معاكس للتركيز . الطاقة الضرورية لهذا النوع من النقل تأمن من إلمهة ال ATP . هذه الإلمهة التي تقوم بها المضخات نفسها و لهذا تسمى ATPase .

* إن ATPase الغشائي الأكثر دراسة و وضوحا هو ATPase ال K^+ و Na^+ الذي يعمل على إخراج 3 شوارد Na^+ من الخلية في نفس الوقت الذي يتم فيه إدخال 2 شاردة K^+ . و هذا ما يفسر كون أن الهولي الخلية غنية ب K^+ و فقيرة من حيث Na^+ و هذا عكس ما هو موجود في الوسط الخارجى، يسمى هذا النقل بالتدرج .

آلية انتقال المواد المنحلة عكس تدرج التركيز :

- بواسطة ناقل متخصص (أنزيمات التناقلية) تشغل سمك الغشاء الهولي . يتعرف على المادة الواجب نقلها



بفضل موقع التعرف يتم على مستوى تثبيت الجزيئة . ثم تتم حركة دورانية . مع استهلاك طاقة .

طرق أخرى للنقل : 1. الاقتناص الخلوي ، التجربة : نضع أحد حيوانات الأميبا مع حبيبات نشاء ملونة بما اليود



في وسط معيشتها ثم تفحص بالمجهر

الملاحظة : نجد حبيبات النشاء داخل جسم الأميبا مما يدل على بلعمتها .

مراحل البلعمة :

أ : مرحلة سلبية : انجذاب الأميباء نحو حبيبات النشاء (الانجذاب) . ملامسة غشائها الهولي لحبيبات النشاء (التماس)

ب : مرحلة فعالة : التصاق تثبيت حبيبات النشاء على الغشاء الهولي . ابتلاع النشاء بالأرجل الكاذبة وبتعلق عليها مشكلة فجوة الهضم تهضم بمساعدة الليزوزومات .

النتيجة : الاقتناص الخلوي مجموعة ظواهر تؤدي إلى اقتناص الجزيئات و تفكيكها داخل الخلية و حسب طبيعة المادة المقتنصة نميز :

إذا كانت المادة صلبة (البلعمة) وإذا كانت سائلة (الجرع)

2. الإطراخ الخلوي :

يسمى العملية المعاكسة للاقتناص الخلوي و يتمثل في طرح الفضلات . يمكن تتبع هذه الظاهرة في خلايا عذبة في حالة نشاط .

أ : الهجرة تتحرك الحويصلات الحاوية على المواد المفرزة نحو المحيط مع الحركة الهوليية .

ب : يلتحم غشاء الحويصل مع الغشاء الهولي في تلامس .

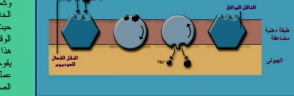
ج : طرح محتويات الحويصل نحو الخارج .

د : الأطراخ ظاهرة معاكسة للاقتناص الخلوي و هي بتجديد الغشاء الهولي .

هذه الأقطار الخلويتين فمالتان تحتاجان وقت .

3. المرفق :

بعض أنواع النقل المرتبط بتركيز الشوارد و الذي يتم من خلال عمل مضخات غشائية .

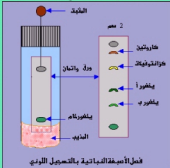


تال على ذلك ما يتم في الماصة للأمعاء ، ينقل الفلوكوز في نفس مع شوارد الصوديوم و يعرف بالنقل المرفق ، ه ناقل غشائي بروتيني يكون مصاحب لمضخة وديوم و البوتسيوم . إدخال الصوديوم مرفقا سوز يتم إخراجها إلى الخارجى بفضل مضخة الصوديوم .

مكونات اليخضور ، العناصر الضوئية له :

1. مكونات اليخضور :

الفصل بالتسجيل اللوني : تعتمد على صعود الصبغة بالخاصية الشعرية في ورق الترشيح وبسرعات مختلفة



وذلك حسب حجم الجزيئات وأشكالها
تجربة : نحضر المحلول التالي 8.5 ملل من البنزين-تسكب هذا المحلول في أنبوب مدرج نأخذ ورقة ترشيح وثمان وعلى بعد 2 سم من نهايتها نضع قطرات من محلول اليخضور الخام 10 قطرات الواحدة بعد الأخرى نعلق الورقة بسلك معدني ندخلها في الأنبوب المدرج بحيث تكون مغمورة في المحلول مستوى 1 سم فقط نغطي التركيب التجريبي بغطاء أسود ونتركها لمدة 2 ساعة

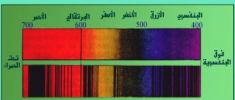
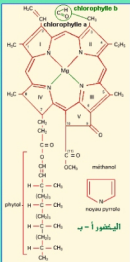
الملاحظة : هجرة الأصبغة على طول ورقة وثمان بالخاصية الشعرية تحت تأثير المذيب وتكون مرتبة من الأسفل إلى الأعلى : اليخضور ب ، الأخضر مصفر ، أصفر الكاروتين ، لون برتقالي .

النتيجة يتكون اليخضور من أربعة أصبغة : اليخضور ب ، اليخضور أ ، الكاروتين ، يوجد في 10 غم يخضور خام ، يخوراً 6 غم . يخور ب 2.5 ، كزانتوفيل 1 غم كاروتين 0.5 غم .

2. العناصر الضوئية لليخضور :

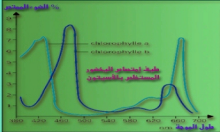
*** 1. الإشعاعات الممتصة من طرف اليخضور :** عند تحليل حزمة ضوئية بيضاء باستعمال مؤشر زجاجي نلاحظ تحلل هذا الضوء إلى ألوان الطيف السبعة : البنفسجي ، النيلي ، الأزرق ، الأخضر ، الأصفر البرتقالي ، الأحمر .

*** 2.** نضع بين مصدر الضوء والمؤشر الزجاجي حوضاً زجاجياً بشكل متوازي أضلاع يحوي يخور خام .



الملاحظة : نلاحظ شريط أسود سميك مكان الأشعة الحمراء والبنفسجية وشريط أقل سمك مكان الأشعة النيلية والزرقاء والصفراء والبرتقالية أما الأشعة الخضراء فإنها تكون واضحة

التفسير : إمتصاص محلول اليخضور الخام الإشعاعات الحمراء والبنفسجية والصفراء والزرقاء والبرتقالية

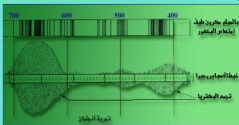


بدرجات متفاوتة ، ولم يمتص الإشعاعات الخضراء إلا بكمية قليلة جداً يمكن إهمالها
 • عند إجراء مقارنة بين طيف إمتصاص اليخضور أ و اليخضور ب ، المفصولين بمذيب عضوي (أسيتون) - نسلج اختلاف طفيف بينهما من حيث كمية الضوء الممتصة وبدرجة أقل من حيث الطول الموجي - كما هو واضح في المنحنى المقابل .

النتيجة : يمتلك اليخضور القدرة على إمتصاص الإشعاعات الضوئية .

الأشعة التي يمتصها اليخضور بكمية كبيرة هي الحمراء والبنفسجية - بينما الأشعة النيلية والزرقاء والبرتقالية والصفراء فيكون إمتصاصها بدرجة أقل ، الأشعة الخضراء لا يمتصها اليخضور الخام .

العلاقة بين شدة التركيب الضوئي وإشعاعات الطيف :



تجربة : أنجلمان : إن الشكل الموالي يمثل تجربة قام بها العالم أنجلمان في نهاية القرن الماضي حلاً خط من طحالب كلانوفورا أو السباروجيرا حيث سلط عليه حزمة ضوئية بعد مروره عبر مؤشر زجاجي ووسط التركيب التجريبي به بكثريا شديدة الشراهة للأوكسجين الناتج موضحة على الشكل التالي .

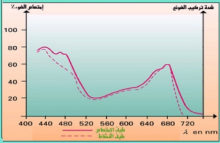
تحليل النتائج المحصل عليها :

تجمع كاثف للكثريا (إطلاق كمية كبير من الأوكسجين) يوجد في المناطق الطرفية و هي منطقة الإشعاعات الحمراء والبنفسجية مما يدل على أن الطاقة الضوئية الممتصة من هذه الإشعاعات استخدمت في عملية التركيب الضوئي . تتغير شدة التركيب الضوئي بتغير طول موجة الإشعاع : الإشعاعات الطرفية أكثر تأثير من الإشعاعات الوسطية .

المقارنة بين طيف النشاط و طيف الإمتصاص :

نجري التجريبتين التاليتين على أشنة خضراء (: كائن نباتي مكون من الطحلب المتعايش مع الفطر)
 1 - نستخلص صباغ الأئنة بعد حله في مذيب مناسب ثم نقيس نسبة الضوء الممتص لكل طول موجة فنحصل على النتائج التالية الممثلة في المنحنى أ .

2 - نقيس في نفس الوقت شدة انطلاق الأوكسجين لهذه الأئنة و ذلك عند إضائتها بأطوال أمواج مختلفة المنحنى ب يمثل القيم المحصل عليها حلاً المنحنيين مع وضع عنوان لهما ماذا نستنتج من المقارنة بينهما .



• تحليل منحنى الإمتصاص : اختلاف شدة الإمتصاص باختلاف طول الموجة حيث هناك امتصاص شديد في منطقتي البنفسجي والأحمر وضعيف في منطقة الأخضر .

عنوان المنحنى : منحنى امتصاص اليخضور

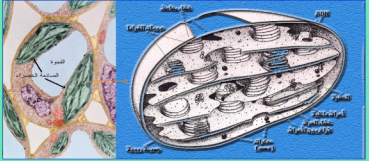
المنحنى النشاط : اختلاف كمية ال O₂ المنطلقة باختلاف طول موجة الضوء الممتص ، حيث هي كبيرة في منطقتي الأحمر والبنفسجي و قليلة جداً في منطقة الأخضر . عنوان المنحنى : منحنى النشاط أو الفاعلية .

• نستنتج : هناك تشابه أو تطابق في مظهر المنحنيين . أيما يوجد امتصاص كبير يقابله انطلاق كبير للأوكسجين

لذا فالأطيف الأكثر أهمية (فاعلية أو تأثير) في شدة التركيب الضوئي هي الأكثر امتصاصاً من قبل اليخضور .

ما فوق بنية الصانعة الخضراء:

اكتشفت هذه العضيات لأول مرة سنة 1791 وتنتشر بصورة واسعة في جميع النباتات الخضراء - ابتداءً من الأشنيات وحتى النباتات الزهرية - لها أشكال مختلفة ، فمنها الكروي أو البيضوي أو العدسي، كما يختلف عددها حسب النوع النباتي أو النسيج المدروس ، و هو يتراوح من 2 إلى 3 صانعة في الخلية كما في بعض أنواع الذرة إلى خمسين صانعة كما في خلايا أوراق اللقاح. أما في الأشنيات فتكون ضخمة و عددها من 1 إلى 3 فقط .

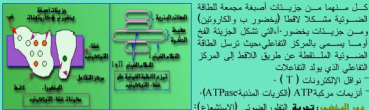


تبلغ أبعاد الصانعات الخضراء في النباتات الراقية من 3 إلى 7 ميكرون طولاً و من 1 إلى 3 ميكرون عرضاً . تشتمل الصانعات الخضراء على الأصبغة اليخضورية، التي يتم تشكيلها في جوف الصانعة الخضراء . حيث يرافق ذلك بصلع كمية قليلة من الأصبغة الشبه الكاروتينية و خاصة الكاروتين و الكسانثوفيل . يعتبر اليخضور من أهم وأصعب المركبات العضوية في الطبيعة . إذ يتم بواسطته تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كيميائية على شكل مركبات عضوية مغذية . لقد تمكن بعض العلماء من صناعة اليخضور مخبرياً مثل الألماني كولياتوف شرال و الأمريكي وونورد .

تشتمل الصانعات الخضراء على 75% من وزنها ماء و تتتركب مادتها الجافة من 50% بروتينات و 33% لبيبيدات و 5 إلى 10% أصبغة يخضورية و 2% أصبغة شبه كاروتينية و كمية من ADN تقدر ب 3% كما تشتمل الصانعات الخضراء على عدد كبير من الأنزيمات المختلفة : كإنزيمات الأماءة، الأكسدة و الإرجاع البيروكسيداز ، الميتوكروم أو كسيداز ، دي هيدروكيناز و البروتيناز .

لقد أظهر الفحص بالمجهر الإلكتروني أن للصانعة الخضراء بنية غشائية منفصلة عن الأغشية البلازمية السطحية ، حيث يحيط بها غشاء بلازمي مضاعف ، خارجي و داخلي يتركان بينهما فراغ يسمى الفراغ بين الغشائين ، تحوى هذه الأغشية على ثقب دقيقة جداً ، و تنصف بالغشائية الإصطفائية . يقوم هذا الغشاء بتنظيم تبادل المواد بين الصانعة و الميتوبلازم . تقوم هذه البنية الغشائية في الداخل بحصر تجويف واسع يسمى الحشوة يحوي بداخله على جسيمات ريبية و مدخرات (سكر ، دسم ، بروتينات) . و يلاحظ داخل الحشوة الصانعة انتشار أغشية مضاعفة ، حيث تتوضع فوق بعضها بشكل قطع نقدية مشكلة للكريست و كل مجموعة منها تشكل البذيرة ، تشتمل هذه الأخيرة على الأصبغة اليخضورية و الشبه كاروتينية .

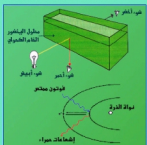
* **مكونات غشاء الصانعة الخضراء :** يوجد بغشاء الصانعة الخضراء (الكليس) النظامان الضوئيان PS1 و PS11 يتألف



كل منهما من جزيئات أصبغة مجمعة للطاقة الضوئية مشكلاً لاقطاً (يخضور ب و الكاروتين) ومن جزيئات يخضور، التي تشكل الجزيئة الفتح أو ما يسمى بالمركز التقاطي، حيث ترسل الطاقة الضوئية المستقطبة عن طريق اللاقط إلى المركز التقاطي الذي يولد التفاعلات - نواقل الإلكترونات (T) -

- أنزيمات مركبة ATP (الكريات المذبذبة ATPase).

دور اليخضور: تجرية التفلور الضوئي (الاستنماع):



نحسب بشدة حوض يحتوي على محلول اليخضور الخام إما بضوء الشمس أو بمصباح قوي ثم ننظر إليه جانباً من جهة وصول الأشعة .

الملاحظة : يظهر محلول اليخضور الخام بلون أحمر .

التفسير : عندما تمتص ذرة اليخضور الإشعاعات الضوئية تمر من حالة استقرار إلى حالة نشاط و بعدئها إلى حالة الاستقرار فإنها تعيد الإشعاعات التي امتصتها .

إن اليخضور يمتص الفوتونات الضوئية التي تحرض إلكترونات فينتقل من مدار داخلي إلى مدار خارجي و عند رجوع الإلكترون إلى مداره الأصلي فإنه يحرر الطاقة المكتسبة وذلك بشكل حرارة وإشعاعات حمراء (في الظروف التجريبية) .

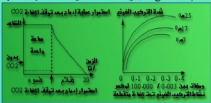
النتيجة : جزيئات اليخضور قابلة للتنبه بالضوء .

آلية التركيب الضوئي :

* مرحلتي التركيب الضوئي :

أ - أظهرت التجارب التي أجراها العالم إميرسن تحت إضاءة قوية 10^5 لوكن بأن :

* مردودية التركيب الضوئي أكثر إذا كانت هذه الإضاءة على شكل ومضات لا تتعدى 0.003 ثانية تتخللها



فترات مظلة تتراوح بين 0.2 إلى 0.4 ثانية
ب - أن تأثير درجة الحرارة يبدو بارزا على المردودية مما يثبت وجود تفاعلات كيميائية ليست بحاجة إلى الضوء، إضافة إلى التفاعلات الكيميائية الضوئية التي تتأثر بالحرارة .

ج - تجربة قاسرون : يعرض معلق من الأشنة للإضاءة لمدة ساعة ويمرر خلال هذه الفترة CO_2 المشع ثم تنقل إلى الظلام . النتائج موضحة في المنحنى المستمر .

الملاحظة : إن تثبيت CO_2 من طرف الكلوريل (الأشنة) بكمية ثابتة بوجود الضوء يستمر التثبيت بغياب الضوء و لكن بالتناقص حتى يتعدم في الثانية 20 .

نستنتج : من ذلك أن هنا ك مرحلتان : مرحلة ضوئية و مرحلة ظلامية في المرحلة الأولى تصنع مواد تستخدم في المرحلة الظلامية لأن استمرار تثبيت CO_2 رغم غياب الضوء يدل على أن الضوء غير ضروري مباشرة في تثبيت CO_2 و لكن يتطلب نواتج المرحلة الضوئية .

النتيجة : تتم عملية التركيب الضوئي بمرحلتين هما المرحلة الضوئية والمرحلة الظلامية .

1 . المرحلة الضوئية : تستغرق 1×10^5 ثانية تحدث في غشاء التلاكويد . الضوء ضروري .

1- مصدر الأوكسجين المتحرر :

تجربة : المرحلة الأولى : وضع أشنة الكلوريل في محلول معني بحوي 4 % من CO_2 لوكسين مشعا 10^8 و ماء عادي و تعرضها للضوء .

الملاحظة : ينطلق من الأشنة أكسجين غير مشع .

المرحلة الثانية : نرود الوسط بالماء H_2O أكسين مشع و CO_2 عادي ثم تعرضها للضوء .

الملاحظة : ينطلق من الأشنة أكسجين مشع .

التفسير : عند تحفيز اليخضور بالضوء فإن اليخضور يتأكسد بفقد الكترولونات و اليخضور يسترجع الكترولونات من تحلل الماء . فيتحرر ال O_2 و تمتلئ تجويف التلاكويد بالبروتونات .

معادلة تحفز اليخضور :

2 يخضور $\xrightarrow{\text{الضوء}}$ 2 يخضور $^+$ + 2 e^-
تستقبل من نواقل خاصة

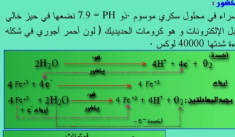
معادلة تحلل الماء :

$\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{يخضور}}$ $\frac{1}{2} \text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2e^-$
2 يخضور $^+$ + 2 $e^- \xrightarrow{\text{يخضور}}$ 2 يخضور
أي أن اليخضور يفقد الكترولونات و يسترجعها من تحلل الماء .

النتيجة : مصدر الأوكسجين المطلق في عملية التركيب الضوئي الماء يولد هذا التفاعل من قبل اليخضور المتنبه

ب. مصدر الإلكترونات المنغصلة عن اليخضور :

تجربة هيل : نضع معلق الصانعات الخضراء في محلول سكري موسوم $\text{PH} = 7.9$ نضعها في حيز خالي من ال CO_2 ، ثم نضيف إليه مستقبل الإلكترونات و هو كرومات الحديدك (لون أحمر أجوري في شكله المؤكسد) Fe^{+3} . يعرض المحلول لإضاءة شديدا 40000 لوكن .



الملاحظة :

يتحرر ال O_2 و يتغير لون كرومات الحديدك إلى الأخضر لذلك

التفسير : * يقوم اليخضور بتحليل الماء فيتحرر ال O_2 و إلكترونات الماء .

* إلكترونات اليخضور ترجع ملح الحديدك إلى ملح الحديدوز Fe^{+2} فيتغير اللون إلى الأخضر لذلك

هذا في الظروف التجريبية أما في الحالة الطبيعية فإن تسلسل التفاعلات تكون كالآتي : نرمل للنظام الضوئي الثاني ب :

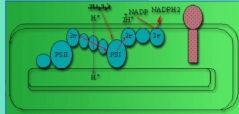
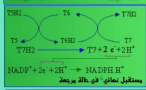
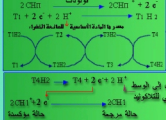
• CHL - الإلكترونات التي يفقدنا يلتقطها ناقل أول نرمله بالرمز T1 . تستقبل الإلكترونات من طرف جزيئات اليخضور المركز التفاعلي للنظام الضوئي I (PSI) التي

نرملها بالرمز (CH1) حيث كانت هذه الجزيئات فائدة للإلكترونات و بالتالي فهي في حالة مؤكسدة CH1^+

بينما تستقبل البروتونات إلى مستوى الوسط الداخلي للتلاكويد .

تستقبل الإلكترونات المتحررة من النظام الضوئي الأول (PSI) من طرف مستقبل يتواجد على مستوى غشاء التلاكويد حيث نرمل

له بالرمز T5 . تستقبل بعدها هذه الإلكترونات عبر سلسلة من النواقل لتعمل في الأخير على إرجاع المستقبل النهائي و المتمثل في (NADP)، و الذي كان في حالة مؤكسدة .



مصدر ال NADP هو حشوة

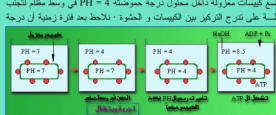
الصانعة الخضراء .

ملاحظة : النيوكوين أميد شاتي نكلويد فوسفات NADP.

النتيجة العامة : تحلل الماء و إرجاع النواقل .

ج . مصدر البروتونات المتجمعة في تجويف الكيبس :

تجربة ميتشال 1961 : نضع كيبسات معزولة داخل محلول درجة حموضته $\text{PH} = 4$ في وسط مظلم لتجنب عمل اليخضور و للمحافظة على تدرج التركيز بين الكيبسات و الحشوة . نلاحظ بعد فترة زمنية أن درجة



حموضة محتوى الكيبسات

أصبح $\text{PH} = 4$.

المرحلة الثانية في نفس الوسط المظلم نغير حموضة الوسط الخارجي للكيبسات ليصبح قاعديا $\text{PH} = 8.5$ و ذلك بإضافة الصودا ، ثم نرود الوسط

بال ADP و pi (الفوسفات المعدني) .

الملاحظة : تشكل ال ATP .

التفسير : الفسفرة الضوئية لل ADP : بقصد بالفسفرة الضوئية لل ADP تحول ال ADP إلى ATP وذلك بتدخل الفوسفور اللاعضوي (H_3PO_4) ، و يتم ذلك بوجود الضوء .

إنظام الفسفرة الضوئية لل ADP و آلية حدوثها .

إن إنسقال الإلكترونات خلال السلسلة التركيبية الضوئية مزدوج مع فسفرة ADP (أصمات ميتشال) يمكن إظهار هذه الإزدواجية بتجارب زجاجية وذلك بتحصين الصانعات الخضراء و بالخصوص أشنية التلاكويد المعزولة في وسط به ADP، الفوسفور اللاعضوي H_3PO_4 و (Pi) و NADP^+ ، فيلاحظ أنه بوجود الضوء يتم إطلاق

الأوكسجين و تتشكل ال ATP انطلاقا من ADP و Pi .

توفير نفس الشروط السابقة لكن مع تثبيط عملية إنسقال الإلكترونات فإنه لا يلاحظ تشكل جزيئات ATP و بصفة عكسية فعند توفير وسط مماثل للسابق غير أنه خالي من ADP ، فلا يلاحظ لا إطلاق الأوكسجين و لا إرجاع NADP^+ . أما لدخل الأنظمة الحية أي على مستوى الخلايا السليمة فإن

عملية إظهار الفسفرة الضوئية ADP صعبة جدا إذ أنها تكون متداخلة مع ظواهر حيوية أخرى .

فعلى إثر إنسقال الإلكترونات عبر السلسلة التركيبية الضوئية يتم ظهور تدرج معين للتركيز الخاص بالبروتونات أو ما يسمى بالتدرج الكيميائي الكهربائي و ذلك على جانبي غشاء التلاكويد و هذا ما يسمح بظهور كمون غشائي يؤدي

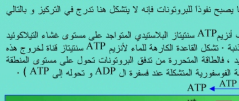
إلى خروج البروتونات من الوسط الداخلي للتلاكويد ، و أن الطاقة الناتجة من هذا التدفق للبروتونات هي التي تستعمل لتركيب جزيئات ATP .

ففعلا عند تحقيق إصطناعيا ندرجا كيميائيا كهربائيا على طرفي غشاء التلاكويد السليم (لم يحدث تخريب للغشاء التلاكويدي) فإننا نلاحظ و في الظلام و بالتالي في غياب أي ناقل للإلكترونات تركيب ATP ، و هذا التركيب يتناقص و يتعدم في نفس وقت تناقص و انعدام التدرج الكيميائي الكهربائي للبروتونات ، كما هو في تجرب ميتشال

لكن عند فساد غشاء التلاكويد و عندما يصبح نفوذا للبروتونات فإنه لا يتشكل هنا تدرج في التركيز و بالتالي عدم تركيب ATP .

تحتفز الفسفرة الضوئية ADP من طرف أنزيم ATP سنتياز البلاستيدي المتواجد على مستوى غشاء التلاكويد الذي يعطى له كذلك مصطلح الكرة المذنبة . تشكل القاعدة الكارهة للماء لأنزيم ATP سنتياز قناة لخروج هذه البروتونات من الوسط الداخلي للتلاكويد ، فالطاقة المتحررة من تدفق البروتونات تحول على مستوى المنطقة المحفزة إلى طاقة كيميائية (طاقة الرابطة الفوسفورية المشكلة عند فسفرة ال ADP و تحوله إلى ATP) .

كما في المعادلة $\text{ATP} \xrightarrow{\text{ATPase}} \text{PI} + \text{ADP}$



إن عدد البروتونات الواجب عبورها للغشاء نحو المادة الأساسية على مستوى ATP سنتياز لهدف تشكيل جزيئة ATP واحدة هو 3 بروتونات

إذا كان غشاء التلاكويد نفوذا إصطناعيا للبروتونات ، فتخرج هذه الأخيرة من الوسط الداخلي للتلاكويد عبر ممرات أخرى و ليس عبر ممرات ATP سنتياز، فسي هذه الشروط لا يتم تركيب

ATP فنقول أنه حدث نقل الإلكترونات عبر السلسلة التركيبية الضوئية عاديا دون إزدواج مع الفسفرة الضوئية ATP الفتيبة : تشكل ال ATP و هذا يتطلب : * وجود فرق في PH بين الحشوة و داخل الكيبس بحيث يكون PH خارج الكيبس (الحشوة) أكبر من داخل الكيبس . * وجود سلامة الكرات المذنبة و سلامة غشاء التلاكويد (الكيبس) .

ملاحظة : تمثل ال ATP الجزيئة الكيميائية الحاملة للطاقة الحيوية القابلة للاستعمال داخل الخلية و هي عبارة عن جزيئة أدينوزين مرتبط مع ثلاث جزيئات حمض الفوسفور في الموقع 5 كما في الصيغة التالية و التي تظهر أيضا العلاقة بين AMP و ADP و ATP .

أدينوزين - 5' - أمادي الفوسفات (AMP) : Nc1ncnc2c1ncn2[C@@H]3O[C@H](COP(=O)(O)O)[C@@H](O)[C@H]3O

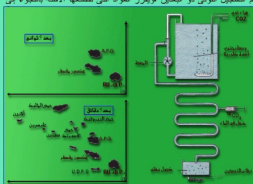
أدينوزين - 5' - ثنائي الفوسفات (ADP) : Nc1ncnc2c1ncn2[C@@H]3O[C@H](COP(=O)(O)OP(=O)(O)O)[C@@H](O)[C@H]3O

أدينوزين - 5' - ثلاثي الفوسفات (ATP) : Nc1ncnc2c1ncn2[C@@H]3O[C@H](COP(=O)(O)OP(=O)(O)OP(=O)(O)O)[C@@H](O)[C@H]3O

مقدمة : هي عبارة عن تفاعلات كيميائية تتأثر بالحرارة تستغرق 1/50 ثانية و تحدث على مستوى الحشوة و الضوء غير ضروري .

مصدر غاز ال CO₂ المختص : تجربة العالم كالفن ومساعديه 1946 إلى 1953 :

- وضعت أشنة كلوريل في محلول معنني به 4 % CO₂ بحيث تكون كثافة الأشنة ثابتة .
- * يدخل إلى الوسط و بسرعة كمية من CO₂ كاربونه مشع .
- * تثبتت خلايا الأشنة بعد فترة زمنية معينة و ذلك بوضعها في ميثانول مغلي لتخريب التفاعلات الأتريمية ، وهكذا تستخدم أزمنة مختلفة .
- * يمكن متابعة CO₂ المشع باستخدام التسجيل اللوني ذو البعدين يرفرز المواد التي تصنعها الأشنة بالجلوء إلى



مادتين مذيبتين لذلك سميت بذات البعدين . ثم يوضع ورق الترشيح على فيلم لم يسبق استخدامه . حيث تترك المواد المشعة تطباعتها مبرزة بقعا سوداء . لاحظ المخطط المقابل : يتضح من خلال ما سبق أن أول المواد التي تتكون في فترة 5 ثواني هي : RDP (Rudip) و APG و السكر العضوية أخرى مثل حمض البيروفيك و حمض المالك والسيرين و الجليسين والألانين و السكروز و الأحماض العضوية و الأمينية و المؤدية لتكوين الدهون .

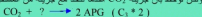
الملاحظة : بعد 5 ثواني من التعريض ل CO₂ المشع حصلوا على بقع مشعة قليلة توافق أحدهما ال APG الذي يمثل 87 % من الكربون المشع .

- بعد 10 ثواني لاحظوا مواد أخرى هي التريوزات مع انخفاض في نسبة الإشعاع في ال APG .

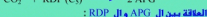
النتيجة : يتكون ال APG أولا ثم التريوزات - التريوزات تنشأ من ال APG

سؤال : ما طبيعة المستقبل الذي يستقبل ال CO₂ ؟

الجواب: إنما ال APG مركب عضوي ثلاثي الكربون أي أن CO₂ يتحد مع مركب يتكون من ذرتي كربون ولكن لاحظ بأن جزيئة CO₂ عندما تتحد مع جزيئة من المستقبل يتكون جزيئتان من ال APG

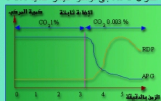


نستنتج من ذلك أن المستقبل هو خماسي الكربون و هو الريبيلوز ثنائي الفسفات RDP (Rudip) .



العلاقة بين ال APG و ال RDP :

تجربة : نسبت أخضر وضع في وسط به ال CO₂ بنسبة 1 % في الدقيقة الثالثة لنخفض نسبة CO₂ إلى نسبة تطبيقيا منخفضة بعدها نقوم بقياس نسبة كلا من ال APG و ال RDP فحصلنا على المنحنيات التالية :

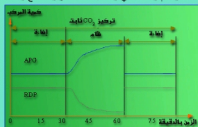


حيث يستعمل جزء منه لتجديد RDP، فثبوت المنحنى يترجم التوازن الديناميكي بينهما فنفس الشيء بالنسبة ل RDP الذي يركب ابتداء من الفوسفو غليسر الدهيد (غليسير الدهيد، 3، فوسفات) PGA ، ثم يهدم لاعطاء APG .

هبوط كمية CO₂ يمنع تشكل APG من RDP لذا تنقص كمية APG في حين يتراكم ال RDP الذي لا يحول إلى APG بغياب CO₂ فيتراكم ال RDP وتنخفض كمية APG .

النتيجة : في غياب CO₂ يؤدي إلى نقص كمية APG و تراكم في كمية RDP .

تجربة: تزرع أشنة خضراء وحيدة الخلية عرضت للضوء ثم وضعت في وسط به CO₂ كاربونه مشع و هذا لمدة 30 دقيقة ثم تعابر في فترات زمنية منتظمة النشاط الإشعاعي لحمض APG و RDP ثم نتابع التجربة في الظلام لمدة 30 دقيقة ثم نعيدا للإضاءة فحصلنا على النتائج المبينة في المنحنيات المولية .



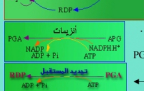
التفسير: * في الضوء : يتركب كل من ال RDP و ال APG بكميات ثابتة و هذا ما يترجم إلى أن : سرعة هدم المادتين = سرعة تركيبهما .

* في الظلام : كمية ال APG تتزايد في الظلام لأن عملية تثبيت CO₂ تبقى مستمرة و هذا الحمض لا يرجع لغياب النواقل المرجعة الناتجة من المرحلة الضوئية لغياب الضوء لذا فيتراكم ال APG و تنقص كمية ال RDP .

النتيجة: غياب الضوء يؤدي إلى تراكم APG ونقص RDP

النتيجة العامة من التجريبيتين : في غياب ال CO₂ و الضوء تتوقف تفاعلات المرحلة الظلامية .

حلقة كالفن : تتمثل خطوات المرحلة الظلامية فيما يلي :



- أ . تثبيت CO₂ على RDP و تشكل مؤقت لسكر سداسي الكربون .
- ب . انشطار السكر السداسي إلى جزيئتين من APG .
- ج . APG يرجع بالنواقل المرجعة ATP إلى فوسفو غليسر الدهيد PGA
- د - PGA البلمرة ← سكر سداسي .
- هـ - الفوسفو غليسر الدهيد PGA

* يمكننا تلخيص مختلف تفاعلات حلقة كالفن في المخطط التالي :

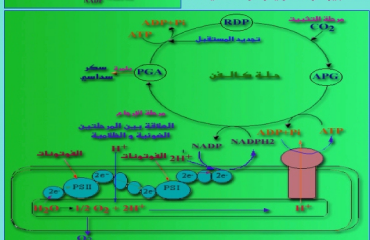


الخلاصة : إن عملية التركيب الضوئي تعتمد على مرحلتين وهما المرحلة الضوئية والظلامية .

المرحلة الضوئية : يتم فيها امتصاص CO₂ ضروري فيها منتاجها هي إنتاج طاقة و إرجاع النواقل

المرحلة الظلامية : يتم فيها استعمال نواتج المرحلة الضوئية و منه نستنتج أن المرحلتان متكاملتان .

العلاقة بين المرحلة الضوئية و المرحلة الظلامية :



التخمير :

أ . العلاقة بين درجة تفكيك مادة الأبر و الطاقة الناتجة :

يمثل الجدول التالي النتائج المحصل عليها من طرف العالم باستور 1861 و ذلك بوضعه لخلايا خميرة الجعة

الشروط	وسط هوائي	وسط هوائي
المدة	9 أيام	3 اشهر
تركيز السكر %	5	5
حجم المائل (مل)	3000	3000
الخميرة الإبتدائية (مستوى)	150	150
خميرة المتحللة (م)	150	45
مخلة الخميرة المتشكلة (م)	1.970	0.255

(فطريات مجهرية وحيدة الخلية) في وسطين أحدهما هوائي والآخر لا هوائي :

التحليل : * كمية السكر المستهلكة من طرف الخميرة في الوسط الهوائي أكبر من كمية السكر المستهلكة من طرف الخميرة في الوسط اللا هوائي رغم أن المدة الزمنية قصيرة * كتلة الخميرة المتشكلة في الوسط الهوائي أكبر من كتلة الخميرة المتشكلة في الوسط اللا هوائي ، وهذا راجع لحدوث ظاهرة التكاثر التي تستهلك فيها طاقة أي أن هناك علاقة بين كمية السكر المستهلكة و الطاقة الناتجة أو المنحورة .

النتيجة : في الوسط الهوائي يكون مقدار الطاقة المتحررة كبير لاستهلاك كمية كبيرة من الجلوكوز أما في الوسط اللا هوائي فإن كمية الطاقة المتحررة قليلة لاستهلاك كمية أقل من الجلوكوز .

الخلاصة : كلما زادت درجة تفكيك مادة الأبر زادت كمية الطاقة المتحررة .



مقر التنفس :

نأخذ خليتين من الخميرة إحداهما كانت في وسط هوائي و الأخرى كانت في وسط لا هوائي . يوضح الرسمين التاليين هاتين الخليتين تحت المجهر الإلكتروني :



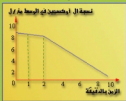
1-خلية من الخمير في وسط لا هوائي (تخمر) 2-خلية من الخميرة في وسط هوائي (تنفس) .

* وفي الوسط اللا هوائي عدد قليل من الميتوكوندريات الغير نامية و الأعراف القليلة .

* في الوسط الهوائي نلاحظ عدد كبير من الميتوكوندريات النامية ذات الأعراف واضحة

الخلاصة : يحدث التنفس داخل الميتوكوندري .

تجربة : تدخل في جهاز تجريبي ميتوكوندريات مستخلصة بتقنية الطرد المركزي توضع في محلول مناسب



يسمح هذا الجهاز بتقدير كمية استهلاك O_2 و استهلاك مادة الأيض نقوم بقياس نسبة ال O_2 في الوسط بدلالة الزمن . في ز 1 نضيف كمية قليلة من الجلوكوز إلى الوسط . في ز 2 نضيف كمية قليلة من حمض البيروفيك . النتائج المحصل عليها متونة في المنحنى التالي :

الزمن 0 إلى ز 1 استهلاك O_2 من طرف الميتوكوندري قليل جدا .
من الزمن ز 1 إلى ز 2 إضافة الجلوكوز . إلى الوسط لم تغير من استهلاك ال O_2 . بعد ز 2 بإضافة حمض البيروفيك يكون مصحوب باستهلاك كبير ل O_2 .

النتيجة : الميتوكوندري لا تستعمل مباشرة الجلوكوز بل تستعمل حمض البيروفيك .

ما فوق بنية الميتوكوندري :

عبارة عن عضيات خلوية تتواجد في سيتوبلازم جميع الخلايا حقيقية النوى التي تعيش في الأوساط الهوائية تتراوح أبعادها ما بين 1 ميكرومتر عرضاً و طولاً يتراوح من 7 إلى 12 ميكرومتر يختلف شكل الميتوكوندريات من الكروي إلى البيضوي إلى الخيطي . إكتشفها العالم الروسي تيسينيكوف سنة 1874 حيث يمكن ملاحظتها باستعمال المجهر الضوئي المزود بالعدسة الضوئية . و لكن لم تعرف بنيتها التفصيلية إلا بعد إكتشاف المجهر الإلكتروني .

إن أعداد الميتوكوندريات داخل الخلية الواحدة تبلغ أرقام كبيرة ، كما لوحظ أنها تتركز خاصة حول النواة والصانعات الخضراء والعضيات الأخرى حيوية نشطة ، و تتميز بقدرتها على الإنتقال في السيتوبلازم . أوضحت الملاحظة بالمجهر الإلكتروني لمقاطع رقيقة لخلايا مثنية أن كل عضية منفصلة عن السيتوبلازم بواسطة غشاء بلازمي مضاعف ، خارجي و داخلي سمكهما A60 . يترك الغشائين بينهما فاصلاً ضوئياً ضيقاً



الغشاء الخارجي ذو تركيب كيميائي قريب جداً من التركيب الكيميائي للغشاء السيتوبلازمي، أي يحتوي على مواد سامة بنسبة 40% مواد بروتينية بنسبة 60% . أما الغشاء الداخلي فتركيبه الكيميائي يختلف عن سابقه إذ يكون أكثر غنى من حيث البروتينات (حوالي 80% من مكوناته) إذ تتواجد

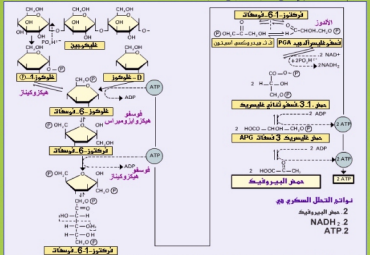
بروتينات مميزة على مستوى ، من أهمها عدة أنزيمات تشارك في سلاسل الأكسدة و الإرجاع . بالإضافة إلى تواجد الكرات المثلية التي تحوي أنزيمات ال ATP سينثاز .

يرسل الغشاء الميتوكوندري الداخلي امتدادات نحو الداخل تدعى بالأعراف الميتوكوندري ، يؤدي إلى زيادة مساحة السطح الداخلي لهذا الغشاء بصورة هائلة . يمتلئ جوف الميتوكوندري ، ما بين الأعراف بمادة شفافة و متجانسة تدعى الحشوة تحوي جسيمات رهيبة صغيرة و جزيئات ال ATP كمية قليلة من ال ADN بالإضافة إلى الأنزيمات خاصة نازعات الهيدروجين و نازعات الكربوكسيل .

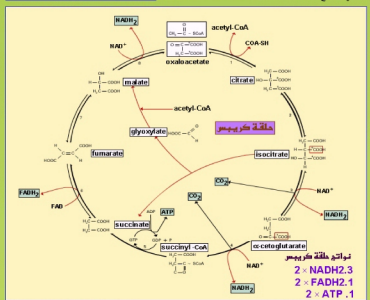
مراحل التنفس :

1. مراحل التحلل السكري :

- **الفسفرة** : تجربة • إن قياس الشدة التنفسية لخميرة الجعة المزروعة في محلول سكري بعد إضافة حمض الفوسفور H_3PO_4 يعطي النتائج التالية :
- **ازدياد الشدة التنفسية** • نقص كمية الجلوكوز و حمض الفوسفور في المحلول •
- عند إستبدال حمض الفوسفور العادي بالحمض الفوسفور المشع ، نلاحظ بأن الفوسفور المشع يتثبت على الجلوكوز داخل الخلية •
- **النتيجة** : يتم أولاً فسفرة الجلوكوز داخل الخلية ، و ذلك باستهلاك جزيئة ATP •
- **مسير جلوكوز-6 - فوسفات** : تجربة • زرع نسيج حيواني في محلول جلوكوز و في وسط خال من O_2 •
- **الملاحظة** : تشكل حمض اللين •
- **التفسير** : الجلوكوز يتحول إلى جزيئين من سكر ثلاثي (كيتوني وأدهيدي) ويتحولان بالأكسدة إلى جزيئين من حمض اللين و ذلك بالهدرجة ، إن حمض اللين يمثل المرحلة النهائية بالنسبة للخلايا الحيوانية أما المركب النهائي بالنسبة للخلايا الحيوانية و النباتية فهو حمض البيروفيك الذي يتم تشكيله كما هو مبين في المخطط •
- يتم التحلل السكري على مستوى الهيولى الخلوية •



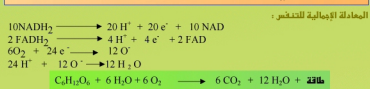
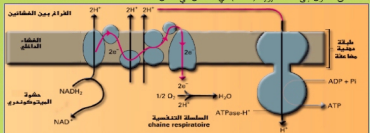
- ### 2. التأكسيدات الخلوية : مسير حمض البيروفيك :
- يدخل حمض البيروفيك إلى داخل حثوة الميتوكوندري حيث تطرأ عليه تحولات ضمن مرحلتين هما •
- المرحلة الأولى** : تحول حمض البيروفيك إلى الأسيتل مرافق الأنزيم A يتم هذه المرحلة بتدخل مرافق الأنزيم A الذي يرمز له بالرمز : $(CoA-SH)$ كما في المعادلة التالية :
- المرحلة الثانية** : يدخل الأسيتل مرافق الأنزيم A في سلسلة من التفاعلات على مستوى الحثوة تسمى بحلقة كريبس • المخطط الموالي يوضح تفاعلات هذه المرحلة (الحلقة) :



3. الفسفرة التأكسدية :

يوضح المخطط التالي آلية هذه المرحلة :

- يتم نقل الهيدروجين المتحرر بواسطة نواقل نحو نظام أكسدة و إرجاع يقع على الغشاء الداخلي للميتوكوندري
- لن تستدخل أزيماث تقوده بعد التشرذ إلى مستقل نهائي المتمثل في الأكسجين ••• بسبب إنتقال الإلكترونات عبر البروتونات من الحثوة إلى الفراغ بين الغشائين مشكلاً تدرج تركيز على جانبي الغشاء الداخلي للميتوكوندري مؤدياً إلى تنفك البروتونات عبر الكرات المنيئة بروتين غشائي (ATPase) فتتحرر طاقة من هذا التنفك تحول إلى طاقة حيوية (ATP) أي تستعمل في تشكل ATP •



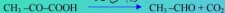
التخمير :

التخمير : هو هدم للمادة العضوية (سكر العنب) في غياب الأكسجين O_2 تحدث في الهيولى للخلية .

1. **الخلايا النباتية :** (التخمير الكحولي) . كمثال الخميرة .

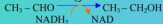
يقتطع حمض البيروفيك CO_2 و يتحول إلى أستيل ألدهيد (الألدهيد الخلي).

أزيم نازع آل CO_2



يرجع الألدهيد الخلي إلى كحول إيثيلي :

أزيمات

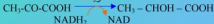


يوضح المخطط المقابل سلسلة التغيرات التي تطرأ على سكر العنب أثناء التخمير الكحولي .

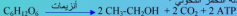
2. **الخلايا الحيوانية :** (التخمير اللبني) . كمثال الليفة العضلية .

يرجع حمض البيروفيك إلى حمض اللين .

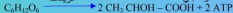
أزيمات



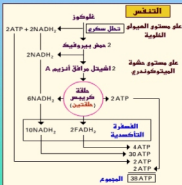
يوضح المخطط المقابل التغيرات التي تطرأ على سكر العنب أثناء التخمير اللبني : معادلة التخمير الكحولي :



معادلة التخمير اللبني :



العينة الطاقوية و المردود الطاقي لكلاً من التنفس و التخمر :



التخمر الكحولي: 2 ATP

التخمر اللبني: 2 ATP

المردود الطاقي للعمليات:

إن المردود الطاقي للعمليات: التنفس و التخمر يقاس بالنسبة المئوية و ذلك من العلاقة التالية :

$$\text{المردود \%} = \frac{\text{الطاقة المنتجة على شكل ATP}}{\text{الطاقة الكامنة في جزيئة الجلوكوز}} \times 100$$

تطبيق حسابي :

إذا علمت بأن الطاقة الكامنة في 1 مول سكر عنب = 2860 كيلو جول و أن تحلل جزيئة واحدة من ال ATP تعطي 30.5 كيلو جول .

1. ما هي الطاقة المتحررة المستخدمة في النشاطات الحيوية خلال مرحلة التنفس الهوائي و التخمر بكل مراحلهم من جزيئة واحدة من سكر العنب ؟
2. ما هو المردود الطاقي لمول واحد من سكر العنب ؟

الإجابة :

- ج 1 : الطاقة المتحررة المستخدمة في النشاطات الحيوية خلال مرحلة التنفس الهوائي = $38 \times 30.5 = 1159$ كيلوجول . - خلال مرحلة التخمر = $2 \times 30.5 = 61$ كيلو جول .
ج 2 : أثناء التنفس : 1 جزيء سكر عنب ----- 38 جزيئة ATP .

$$\text{المردود الطاقي} = \frac{38 \times 30.5}{2860} \times 100 = 40.5 \%$$

و الضياع الطاقي = $100 \% - 40.5 \% = 59.5 \%$

- أثناء التخمر : 1 جزيء سكر عنب ----- 2 جزيئة ATP

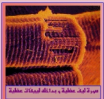
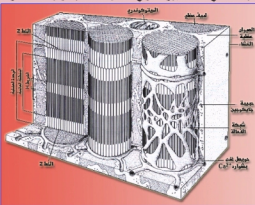
$$\text{المردود الطاقي} = \frac{2 \times 30.5}{2860} \times 100 = 2.1 \%$$

و الضياع الطاقي = $100 \% - 2.1 \% - 97.9 \% = 2.7 \%$ بشكل حرارة .

95.26 % كائنة في جزيئتي الكحول الايثيلي أو حمض اللبن .

لما كلاً من CO₂ و ال H₂O فلا تحصلان أية طاقة .

أ. **بنية الليف العضلي :** يبدو الليف العضلي تحت المجهر الضوئي أنه خلية صالحة إسطوانية الشكل قطرها

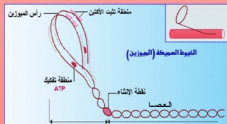


يتراوح بين 10 و 100 ميكرو متر أما طولها فيتراوح بين 3 و 5 سم . يحيط بالليف العضلي الذي يضم هيولى متجانسة ظاهرياً تدعى الهيولى العضلية التي تتضمن عدة أنوية متطولة و محيطية وعدداً من الخيوط الرفيعة المسماة بالليفات العضلية كما

هو واضح من خلال سلسلة الصور التالية .
الصور تظهر كذلك أن الليف العضلي يتكون من تعاقب أفراس نيرة و أفراس عاتمة مصمطة في مستوى أفقي واحد في جميع الليفات ، و هذا ما يعطي المظهر المخطط للليف العضلي .
بالإضافة إلى ذلك فإن الهيولى تحتوي على شبكة هيولية نامية و منخرات غذائية هي الجليكوجين ، وتبدو محمرة لتواجد صبغ يدعى الخضاب العضلي .

التركيب الجزيئي للخيوط السمبكية الميوزين و الخيوط الرفيعة الأكتين :

ملاحظة : يتكون الليف العضلي كما هو واضح في الصورة السابقة من تتابع مناطق نيرة و أخرى عاتمة والجزء المميز في هذه البنية هو الوحدة العضلية حيث تكون هذه الأخيرة متتالية يربها الخط Z تتواجد خيوط الأكتين على مستوى الأفراس النيرة و الأفراس العاتمة ما عدا الشريط H ، الذي يخلو منها ، بينما تتواجد خيوط الميوزين على مستوى الأفراس العاتمة بما فيها المنطقة H .

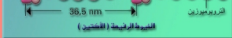


1. **الخيوط السمبكية (الميوزين) :**
خيوط سمبكية بالمقارنة مع خيوط الأكتين . تتواجد فقط على مستوى الأفراس العاتمة للوحدة العضلية .
تتركب من جزئيات الميوزين و هو بروتين معقد يكون في الميوزين مشكل من جزء متطاول يشكل العنصر يحمل في أحد طرفيه الرأس الذي يحتوي على موقعاً تقاطعياً قادراً على التفاعل مع الموقع التقاطعي لجزئية الأكتين كما

يتوفر على موقع خاص لتفكيك ATP . لذا فالميوزين هو أنزيم .

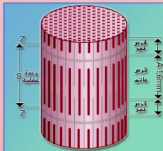
2. **الخيوط الرفيعة (الأكتين) :**

خيوط رفيعة تتواجد على مستوى الأفراس النيرة و الأفراس العاتمة للليف العضلي ما عدا الشريط H .
يتكون خيط الأكتين من كاثيف جزئيات من الأكتين الكروي الشكل و المتحد مع نوعين من الجزئيات البروتينية ، التروبونين و التروبوميوزين . كما في الشكل التالي .

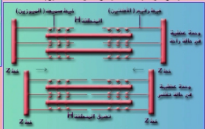


يتوضع التروبونين بصفة منتظمة على طول خيط الأكتين وله خاصية تثبيط أيونات الكالسيوم Ca^{++} وهذا ما يؤدي إلى تغير شكلها ، في حين أن التروبوميوزين تتخلل جزئيات التروبونين .

الوحدة العضلية و مفهوم التقلص العضلي :



هي القطعة العضلية المحصورة بين نقطتي Z متتالين تتكون الوحدة العضلية من نصفي قرصين نيرين بينهما قرص عائم، القرص العائم تتواجد على مستوى الخيوط السمكية (الميوزين) و الخيوط الرفيعة (الأكتين) أما عدا المنطقة (H) التي تملأ من الخيوط الرفيعة بينما الأقراص النيرة فيتواجد على مستوى الخيوط الرفيعة (الأكتين) فقط .
 * تظهر الوثيقة التالية رسومات تفسيرية للملاحظة



المجهرية (باستعمال المجهر الإلكتروني) لوحدة عضلية أثناء الراحة و أثناء التقلص و هذا بعد تثبيتها بشدة .

تحليل الوثيقة : أثناء التقلص العضلي نلاحظ

قصر الوحدة العضلية نتيجة إقتراب الخيوط

الرفيعة من بعضها البعض ، مما يسبب تضيق المنطقة (H) . كما نلاحظ أن نصفي القرصين النيرين يصبحان ضيقان . المنطقة العائمة تبقى بنفس الطول .
 أطوال الخيوط سواء الرفيعة أو السمكية لا نسجل عليها أي تغير .

النتيجة: لا يتغير طول خيوط الأكتين والميوزين مهما كانت حالة الوحدة العضلية . يتغير طول المنطقة H (تقصر) . المناطق النيرة تصبح ضيقة هي كذلك . المناطق العائمة لا يتغير طولها .
 * إذا التقلص هو انزلاق خيوط الأكتين على خيوط الميوزين . كما هو موضح في الوثيقة السابقة :

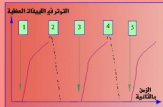
التقلص العضلي :

أ . متطلباته : لدراسة دور كل من ال ATP و شوارد Ca^{++} في آلية التقلص العضلي نتجز التجربة التالية على لوف عضلي معزول .

التجربة الأولى: في الزمن 1 نضيف شوارد Ca^{++} و ال ATP ثم في الزمن 2 نضيف مادة تثبط .

التجربة الثانية: في الزمن 3 نضيف كل من شوارد $Ca^{++} + ATP$. ثم في الزمن 4 نثبط شوارد Ca^{++} . في الزمن 5 نضيف ال $Ca^{++} + ATP$. يوضح المنحنى التالي النتائج المحصل عليها

تحليل المنحنى : التجربة الأولى :



* الزمن 1 : إضافة Ca^{++} و ATP يؤدي إلى التقلص وهذا يدل على أهمية كل منهما في التقلص العضلي أو أحدهما على الأقل .

* الزمن 2 : تثبيط ATP يمنع التقلص وهذا يدل على أهميتها .
 التجربة الثانية :

* في الزمن 3 : إعادة إضافة ال ATP و Ca^{++} يؤدي إلى حدوث التقلص العضلي .

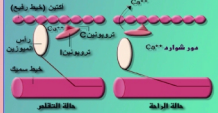
* في الزمن 4 : تثبيط شوارد Ca^{++} رغم وجود ال ATP يؤدي إلى عدم حدوث التقلص العضلي و هذا يدل على أهمية شوارد ال Ca^{++} في التقلص العضلي .

النتيجة : من التجريبتين نستنتج أهمية كل من ال ATP و Ca^{++} في التقلص العضلي . حيث دور Ca^{++} يتمثل في تحرير مواقع الالتصاق أما ال ATP فدوره يتمثل في الالتصاق و الانزلاق و عودة شوارد ال Ca^{++} إلى السفل الفعال و ذلك بوجود خيوط الأكتين والميوزين . أي أن التقلص العضلي يتطلب كل من ال ATP و Ca^{++} و خيوط الأكتين والميوزين .

التفسير الجزيئي للتقلص العضلي :

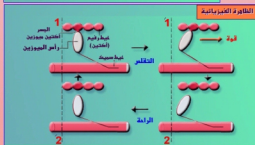
التفسير الجزيئي للتقلص العضلي: إن ظاهرة التقلص العضلي صليّة معقّدة جداً و تتم على مجموعة من المراحل السريعة .

* مرحلة الالتصاق :



1 : وصول موجات زوال الاستقطاب إلى الوحدات العضلية يؤدي إلى تحرير شوارد Ca^{++} من الأكياس الجانبية للشبكة الهيولية المحيطة بالليفات إلى الهيولى العضلية .

2 : تتثبت شوار Ca^{++} على تروبونين فيتغير شكله مما يؤدي إلى ابتعاد التروبوميوزين فيصبح موقع الارتباط (الميوزين - الأكتين) شاغرا .



3 : تنفج الميوكوندرينات جزيئات ال ATP التي تتثبت على رؤوس الميوزين والتي تحصل مواقع أنزيمية خاصة بإمالتها .

* تلصق رؤوس الميوزين مع الأكتين . وهذا ما يؤدي إلى ظهور جصور تدعى بجصور الأكتين ميوزين .

* مرحلة الانزلاق :

تتم هذه المرحلة عبر آليات فيزيائية و كيميائية تلخصها الرسومات المقابلة مع الشروح المرفقة .

4 : بوجود شوارد Mg^{2+} تُشغط جزيئة الميوزين عن طريق الأكتين فتستعمل على إمالة جزيئة ال ATP مؤدية إلى تشكل ال ADP وال Pi و تحرير كمية من الطاقة .

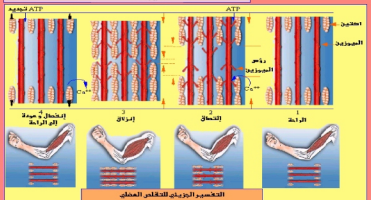
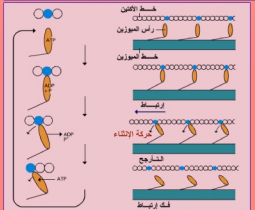
5 : يتثبت الفوسفور اللاعضوي Pi المتحرر على جزيئة الميوزين مؤدية إلى تغير شكلها مرة أخرى (إنشاء) و ذلك بسبب إلزاق خيوط الأكتين على الميوزين . وهذا



ينتج عنه انسحاب خيوط الأكتين في اتجاه مركز الوحدة العضلية . مما يؤدي على تضيق نصف القرصين النيرين و المنطقة (H) النتيجة هي تقلص الوحدة العضلية.

* مرحلة الانفصال :

6 : يتم انفصال رؤوس الميوزين عن الأكتين بتدخل جزيئة ال ATP و تكون الحركة في اتجاه معاكس ثم تتفصل أو تتحرر شوارد Ca^{++} لتنتقل بواسطة النقل الفعال إلى الشبكة الهيولية . تعتبر هذه المرحلة مرحلة الراحة .



تجديد ال ATP :

طرق تجديد ال ATP أثناء انقباض العضلي : نقوم بمجموعة من التجارب على ثلاث عضلات متماثلة لضدع وذلك بتثبيتها تنبيهات فعالة - بشدة ثابتة علما أن مختلف المكونات في العضلات متماثلة قبل بدأ التجارب -

* **التجربة الأولى :** نلصبه العضلة الأولى ثم نعاير مختلف المكونات قبل وبعد انقباض و النتائج مسجلة في الجدول التالي ١٠ ماذا نستخلص من نتائج هذه التجربة ؟

المكونات العضلية	قبل انقباض	بعد انقباض		
		العضلة 1	العضلة 2	العضلة 3
غ/كافرين العضلة	1.08	0.8	1.08	1.08
الملازمة	1	1.30	1	1
ماء / مول / كغ	ATP	1.35	1.35	09
فوسفو كرياتين CP	1	0.3	1	1

ب- هل هذه النتائج تتناقض مع الاستعمال المباشر لل ATP ؟ علل إجابتك -

* **التجربة الثانية :** نعيد التجربة الأولى على العضلة الثانية بعد معالجتها بمادة حمض البيوت الخلوي (AIA) التي توقف التحلل السكري و نتائج المعايرة مسجلة في الجدول -

أ- ماذا يمكنك استخلاصه من هذه التجربة ؟

* **التجربة الثالثة :** نعيد التجربة السابقة على العضلة الثالثة و لكن بعد معالجة العضلة بمادة تثبط

التالي إضافة إلى تثبيط التحلل السكري - النتائج المحصل عليها من خلال التجارب السابقة :

تحليل النتائج المسجلة في الجدول :

* **التجربة الأولى :**

نستنتج أن الطاقة المستعملة في انقباض العضلي مستمدة من الغلايكوجين (نقص كميته) و تراكم حمض اللين (زيادة كميته) يدل على حدوث ظاهرة التخمير اللبني -

إن هذه النتائج لا تتناقض مع الاستعمال المباشر لل ATP لأن ثابت كميته (رغم استعمالها في انقباض) بعد انقباض لأنها جددت من تحلل الغلايكوجين -

* **التجربة الثانية :**

نستخلص من هذه التجربة أن ال ATP المستعمل في انقباض العضلي يجدد من الفوسفوكرياتين CP و الدليل على ذلك هو نقص كميته (من 1 إلى 0.3) -

* **التجربة الثالثة :**

- نظرا لتوقف كل من التحلل السكري و تحلل ال CP فإن ال ATP المستخدم في انقباض ال ATP الجاهز و ليس هناك مصدر لتجديده فينتهي انقباض رغم استمرار التنبيه و ذلك لتفاد كمية ال ATP (من 1.35 إلى 00) -

طرق تجديد ال ATP :

١. **طريق سريع :** يمكن الحصول على ATP خلال مدة زمنية قصيرة من خلال تفاعل كيميائي واحد -

* تعطى جزيئتان من ال ADP جزيئة ATP و جزيئة AMP بوجود أنزيم خاص بالخلايا العضلية و هو أنزيم الميو كينيز : $2 \text{ ADP} \xrightarrow{\text{myokinase}} \text{ATP} + \text{AMP}$

* الفوسفوكرياتين أحد مخزونات العضلة يستعمل لإنتاج الطاقة في تفاعل عكسي الفوسفور من الفوسفوكرياتين فيتحول إلى كرياتين و يثبت الفوسفور على جزيئة ADP فتعطي ATP بوجود أنزيم الفوسفوكرياتين كيناز -

الفوسفوكرياتين ← فوسفوكرياتين كيناز ← كرياتين

ATP ← ADP

2. **طريق بطيء :** نحصل على ال ATP من خلال سلسلة من التفاعلات البيوكيميائية المكونة لسلسلة الأيضية -

* في وجود ال O_2 : يتم إنتاج الطاقة على شكل ATP بفضل حدوث تفاعلات الأكسدة الخلوية -

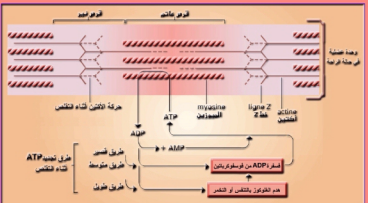
- **حالة هدم الغلو كوز :** $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{38 \text{ ATP}} 6\text{CO}_2 + 12\text{H}_2\text{O}$

- حالة هدم الجليكوجين : يعتبر الشكل الانخاري لسكريات داخل العضلة - يتم هدمه أولا إلى سكريات البسيطة التي تتحلل لتعطي ال ATP - جلايكوجين ← 6 - جلوكوز - 6 - فوسفات

6 ن (H_2O) + 6 ن (O_2) ← 6 ن (CO_2) + 12 ن (H_2O)
38 ن (ATP)

* في غياب ال O_2 : يتم هدم السكريات بغياب الأكسجين وفقا لتفاعلات التخمير اللبني مؤدية إلى تشكل كمية بسيطة من الطاقة على شكل ال ATP

جلايكوجين ← 6 - جلوكوز - 6 - فوسفات
2 ن ATP
($\text{CH}_3\text{CHOHCOOH}$) 2 ن حمض اللين



تضاعف الـ ADN :

* تطور كمية الـ ADN النووي للخلية خلال الدورة الخلوية :

مصدر الخلية	مختبرها E.Coli	خيرة	إصابة البكتريا	ديت	خشب	معدن	بقرة	الإنسان
نسبة ADN عند الخلية	0.004	0.044	0.4	2.6	5.8	6.3	6.6	7.3
21 ساعة	10 ¹² غ							

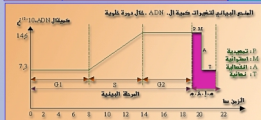
إن كمية الـ ADN النووي تختلف من خلية إلى أخرى وذلك حسب نوع الكائن الحي الذي تنتمي إليه الخلية . و الجدول المقابل يبين كمية عند مختلف الخلايا :

* يمكن قياس كمية الـ ADN لنووي عند الخلية معينة في مختلف أطوار الدورة الخلوية بطرق مختلفة من بينها التجارب التي تركز على قياس الكثافة الضوئية للـ ADN . وضعت خلية في وسط مغذي مناسب ، لفترة زمنية تعادل مدة حدوث دورة خلوية واحدة ، حيث خلالها تمت معايرة كمية الـ ADN النووي على مستوى الخلية في أزمنة مختلفة . النتائج المحصل عليها ممثلة في الجدول التالي :

الزمن ساعات	0	3	6	8	11	14	16	18	20	20.01	21
ضخمة ADN 10 ¹² غ	7.3	7.3	7.3	7.3	10.95	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	7.3
مراحل الدورة الخلوية	المرحلة البيئية										
مراحل الانقسام الخلوي	مراحل الانقسام الخلوي										

* **المطلوب :** أفسر منحنى بياني لتغيرات كمية الـ ADN لسواء الخلية خلال الدورة الخلوية . حل ثم فسر المنحنى - ما النتيجة الأساسية التي يمكنك استخلاصه ؟

تحليل المنحنى :



يمثل المنحنى تطور كمية الـ ADN خلال دورة خلوية واحدة بدلالة الزمن . يلاحظ أن كميته في الخلية تساوي 7.3×10^{12} غ ، حيث بقيت بنفس القيمة خلال 8 ساعات و هي مدة زمنية تمثل المرحلة G1 من المرحلة البيئية في الفترة الزمنية بين 8

ساعات و 14 ساعة ، يلاحظ ارتفاع تدريجي لكمية الـ ADN حتى قيمة تمثل كمية ضعف القيمة الأصلية و هي 14.6×10^{12} غ و تمثل هذه الفترة المرحلة الجزئية S من المرحلة البيئية . بقيت قيمة الـ ADN ثابتة في الفترة بين 14 ساعة و 19 ساعة حيث تمثل هذه الفترة المرحلة الجزئية G2 من المرحلة البيئية .

الفترة بين 19 ساعة و 21 ساعة تمثل مراحل الانقسام الخلوي المتساوي ، حيث تبقى كمية الـ ADN ثابتة و هي 14.6×10^{12} غ خلال المرحلتين التمهيدية و الاستوائية ، و في المرحلة الانفصالية تعود فجأة كمية الـ ADN إلى قيمتها الأصلية 7.3×10^{12} غ و يعود ذلك إلى حدوث تضاعف الأجزاء المركزية للصيغيات و انفصال كروماتيدتي الصبغي و هجرتها نحو قطبي الخلية ، حيث أن كمية الـ ADN في هذه الحالة تقاس فقط على مستوى أحد القطبين . $(7.3 \times 10^{12} \text{ غ})$ أو على مستوى القطبين $(14.6 \times 10^{12} \text{ غ})$ و لهذا يظهر المنحنى في خط عمودي عند الساعة 20 .

تبقى كمية الـ ADN مساوية إلى 7.3×10^{12} غ أثناء المرحلة النهائية للانقسام الخلوي .

الاستنتاج : أثناء تضاعف الصيغيات (في المرحلة الجزئية S من المرحلة البيئية) يتم كذلك تضاعف الـ ADN . الانقسام الخلوي يحافظ على العدد الصبغي عند الخلايا البنات يحافظ كذلك على كمية الـ ADN عند هذه الخلايا

* التركيب الكيميائي للصبغي :

* إن تكوين الصيغيات بأخضر المثيل يسمح بإظهار أشرطة عرضية على مستواها ملونة بالأخضر ، فهذا اللون مميز لتفاعل بعض مكونات الـ ADN مع أخضر المثيل .

* من جهة أخرى فإن معاملة خيط كروماتيني في مرحلة الأولى بالتريسين (أنزيم محلل للبروتينات) يسمح بملاحظة تناقص واضح في سمك الخيط الذي لا يبقى منه سوى خيط دقيق جداً .



* إن معاملة هذا الخيط الدقيق في مرحلة ثانية بأنزيم الـ ADNase (أنزيم محلل الـ ADN) يسمح باختفاء هذه البنية الخيطية الدقيقة على إثر تحللها .

النتيجة 1 : إن الخيط للكروماتيني مكون أساساً من ADN محاط ببروتينات .

التحليل الكيميائي دلت على أن الخيط للكروماتيني يتكون من : * ADN بنسبة 20 إلى 30 % من كتلة الكروماتين .

* كمية ضئيلة جداً من الـ ARN .

* بروتينات من نوع الهستونات . * الفوسفو بروتينات ، فوسفو ليبيدات و بعض الأثريمات مثل الـ

ADN بوليمراز ، و الـ ADN سنتراز

النتيجة 2 : بما أن الصيغيات هي عبارة عن كروماتيدات إذن فالصيغيات عبارة عن خيوط من الـ ADN ملتفة حول بروتينات من نوع الهستونات .

آلية تضاعف الـ ADN :

- تجارب مدمج:** أجرى العالم تايلور سنة 1957 تجربة استعمل خلالها جذور فقية لنوع من أنواع نبات القول ذو الصيغة الصبغية 2ن = 8 صبغيات ، حيث تطرق إلى مبدأ تمثيل في تتبع الإشعاع .
- * ووضعت جذور النبات في وسط زرع يحتوي على التيمدين المشع بواسطة التريوم (H^3) حيث أن التيمدين إحدى مكونات الـ ADN .
- * أبقى الجذور في وسط لمدة كافية لحدوث تضاعف جزيئات الـ ADN و ذلك بعد ما أن أضاف مادة الكولشيسين إلى مستوى الوسط . *أخذ بعدها الجذور و غسلها بالماء ثم وضعها في وسط زرع ثاني يحتوي على مادة التيمدين الغير المشع إلى جانب مادة الكولشيسين . *أبقى الجذور في هذا الوسط لمدة كافية لحدوث تضاعف ثاني لجزيئات الـ ADN . *تتبع تايلور الإشعاع على مستوى صبغيات خلية من الوسط الزرع الأول و خلية من وسط الزرع الثاني فتحصل على نتائج تمثلت في الآتي :
- صبغيات خلية الوسط الأول ، عددها 8 وتتواجد في مرحلة استوائية حيث تظهر كروماتيدي الصبغي مشعين .
- صبغيات خلية الوسط الثاني ، عددها 16 صبغيات في مرحلة استوائية حيث تظهر كروماتيدي الصبغي إحداهما مشعة والأخرى غير مشعة .
- * حل و فسر نتائج : لماذا عدد الصبغيات عند خلايا وسط الزرع الثاني هو 16 صبغيات ؟
- * لماذا ظهر الإشعاع على مستوى الصبغيات ؟
- * لماذا كروماتيدي صبغيات الوسط الأول مشعتين بينما كروماتيدي صبغيات الوسط الثاني إحداهما مشعة والأخرى غير مشعة ؟
- * ما هي الآلية التي يتضاعف بها الـ ADN .

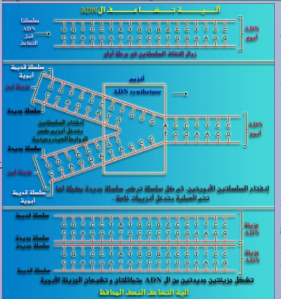
الاجابة : تفسير وتحليل النتائج :

التفسير الصبغي لتجربة تايلور	تفسير تجربة تايلور باستعمال سائل ADN
1 صبغيات من المرحلة الاستوائية متضاعفة كروماتيدان الوسط خالي من المواد المشعة غير مشعان	ADN متضاعف في وسط غير مشع جميع السلاسل غير مشعة
2 صبغيات من المرحلة الاستوائية متضاعفتين الوسط مشع كروماتيدان كل صبغية مشعان	ADN صبغيتين متضاعفتين في وسط مشع سلسلة قديمة غير مشعة و الجديدة مشعة
3 صبغيات من المرحلة الاستوائية متضاعفة مدة جديدة في وسط غير مشع كروماتيدان من كل صبغية مشع قديم	ADN أربع صبغيات متضاعفت في وسط غير مشع كل سلاسل جديدة غير مشعة

1 . مادة الكولشيسين تمنع تشكل المغزل اللاونسي و بالتالي الصبغيات لا تهجر نحو الأقطاب إن الخلية لا تنقسم و عليه في الوسط الثاني يكون عدد الصبغيات هو 16 صبغيات .

2- يظهر الإشعاع على مستوى الصبغيات لوجود مادة التيمدين المشع التي تدخل في تركيب الـ ADN .

3- إن جزيئة الـ ADN مكونة من سلسلتين



ملتفتين على بعضهما بشكل حلزوني و تكونان مرتبطتان معاً بروابط هيدروجينية وأثناء التضاعف ، يزول أولاً التحلزون . ثم تتكسر الروابط الهيدروجينية لتبتعد السلسلتين ، بعدها تبدأ كل سلسلة في تشكيل السلسلة المكمل لها (أي التكميل بين القواعد الأزوتية ، و يكون الإرتباط :

A مع T ، G مع C) .

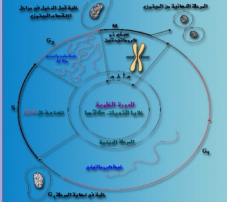
في الوسط الثاني الغير مشع يحدث تضاعف الـ ADN بنفس الطريقة الأولى باستعمال مواد غير مشعة لذلك يظهر الإشعاع في نصف الكروماتيدات فقط لأنها مشكلة من سلسلة قديمة مشعة و سلسلة جديدة غير مشعة .

النتيجة : الألية انسي

يتضاعف بها الـ ADN هي النصف محافظ .

* تطور شكل الصبغي خلال الدورة الخلوية :

من خلال المعارف السابقة نستطيع رسم المخطط المقابل و الذي يبين التطورات التي تطرأ على شكل الصبغي خلال دورة خلوية كاملة .



* الخيط الكروماتيني المكون لمادة الصبغيين و خلال المرحلة S من المرحلة البينية يبدأ في التضاعف على مستوى نقاط مختلفة منه و هذا ما يسمح بملاحظة عيون التضاعف (تضاعف الـ ADN) . يبدأ بعدها الخيط المتضاعف في الالتفاف و التحلزون حول نفسه ليصبح قصير و سميك متحولاً إلى الصبغي مكون من كروماتيدتين كل كروماتيدة تحوي خيط من الـ ADN . هذا الصبغي يكون تام الوضوح خلال المرحلة الاستوائية من الإنقسام الخيطي المتساوي . تعتبر المرحلة الاستوائية أفضل مرحلة لدراسة الصبغيات لفصل كروماتيدتا الصبغي خلال المرحلة الانفصالية ، و تهجر كل كروماتيدة نحو قطب خلوي . خلال المرحلة النهائية يزول إلتفاف و تحلزون الكروماتيدة (الصبغي الابن) ليتحول من جديد إلى خيط كروماتيني .

الانقسام المنصف :

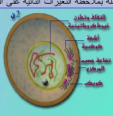
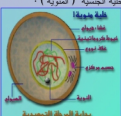
الانقسام المنصف نمط من الانقسام الخيوط الذي يتم على مستوى الخلايا الجنسية حيث يتم أثناء تشكل الأعراس وبالتحديد خلال مرحلة التضيق . يمثل الانقسام المنصف في تنامي انقسامين ، أولهما اختزال إلى و الثاني متساوي و هو يتم لدى الخلايا البائية و الخلايا الحيوانية وفقاً لمرحلة ميزاتها متماثلة ما عدا بعض الاختلافات التي سبق دراستها و الخاصة بتشكيل المغزل اللاتوني و انقسام الميتو بلازم .

تتم أهمية هذا الانقسام في اختزال عدد الصبغيات من 2 ن إلى ن في الأعراس للمحافظة على العدد الصبغي عبر الأجيال .

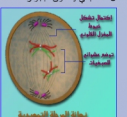
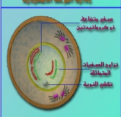
* مراحل الانقسام المنصف :

الانقسام الاختزالي : و فيه يختزل عدد الصبغيات من 2 ن إلى ن صبغي ويشمل المراحل التالية :

المرحلة التمهيدية : تتميز هذه المرحلة بملاحظة التغيرات التالية على الخلية الجنسية (المنوية) .



* تحول الخيوط الكروماتينية للمادة الصبغية إلى صبغيات بعد تحلّزها وبالتالي قصر طولها و تغلّصها .
* تضاعف الجسم المركزي وتشكل الكويكان .
* اختفاء النوية والغلاف النووي .
* تشكل خيوط المغزل اللاتوني .
* تزوج الصبغيات المتماثلة حيث كسل صبغي يكون بجوار مماثلة



المرحلة الانفصالية :

و يتشكل زوج من الصبغيات * يبدو كسل صبغي منشطر إلى كروماتينين و بالتالي يكون الزوج مشكل من أربع كروماتيدات و تدعى بالرباعية الكروماتيدية .

المرحلة الاستوائية : خلال هذه المرحلة يلاحظ .

* تتوضع الرباعيات الكروماتيدية على خط استواء الخلية مشكلة للوحة الاستوائية ، يلاحظ خلال هذه المرحلة تقابل الصبغيات المتشطرة و المتماثلة .
* تكون الصبغيات مشدودة إلى خيوط المغزل اللاتوني الصبغية .
* كما يلاحظ ارتباط (تداخل) بين الكروماتيدات الداخلية للرباعية وهذا ما قد يساهم في حدوث ظاهرة العبور أي تبادل قطع بين الكروماتيدات الداخلية للرباعية .

المرحلة الانفصالية :

* ينفصل صبغيا الرباعية المتماثلان عن بعضهما (دون حدوث تضاعف للأجزاء المركزية للصبغيات) حيث يتجه كل صبغي ذو الكروماتينين نحو قطب من قطبي الخلية نتيجة تقلص خيوط المغزل اللاتوني الصبغية
ولا يصل إلى كل قطب إلا نصف عدد صبغيات الخلية الأم (ن صبغي) أي أنه حدث اختزال للعدد الصبغي و لهذا نسمي هذا النوع من الانقسام بالانقسام الاختزالي .

المرحلة النهائية : تتميز هذه المرحلة بملاحظة :

* زوال خيوط المغزل اللاتوني .
* حدوث الانقسام الميتو بلازمي بالكيفية التي تم التطرق لها عند دراسة الانقسام الخيطي المتساوي .

ملاحظة : حيث أن هذه المرحلة قصيرة يمكن اعتبارها بمثابة المرحلة التمهيدية للانقسام الذي يلي الانقسام الاختزالي و هو الانقسام المتساوي .

الانقسام المتساوي : مباشرة بعد الانقسام الاختزالي تكون الخلية مهبة للانقسام المتساوي حيث تكون الصبغيات واضحة و مكونة من كروماتينين و لهذا فإن الخلية لا تمر بمرحلة بينية (نتيجة حدوث تضاعف لكمية ال ADN خلال المرحلة البينية التي سبقت الانقسام الاختزالي) كما يكون الغشاء النووي و النوية غير متواجدين .

المرحلة التمهيدية : هي مرحلة غير كاملة نلاحظ خلالها .
* تضاعف الجسم المركزي لكل خلية بنت إلى كويكان حيث يهاجر كل كويكب إلى قطب من قطبي الخلية البنت .
* تشكل خيوط المغزل اللاتوني .
* تتوضع الصبغيات المكونة من كروماتينين بشكل عشوائي على خيط المغزل اللاتوني الصبغية

المرحلة الاستوائية :

* يتم خلالها توضع الصبغيات على خط استواء الخلية مشكلة للوحة الاستوائية . كل صبغي يكون منشطر إلى كروماتينين متماثلين .
* تكون الصبغيات مشدودة إلى خيوط المغزل اللاتوني الصبغية .

المرحلة الانفصالية :

* أثناء هذه المرحلة تتضاعف الأجزاء المركزية للصبغيات الأمر الذي ينتج عنه انفصال كروماتينين كل صبغي و هجرة كل كروماتيد نحو قطب من قطبي الخلية نتيجة تقلص خيوط المغزل اللاتوني الصبغية .
* يصل إلى كل قطب من قطبي الخلية البنت نصف عدد الصبغيات الموجودة عند الخلية الأم .

المرحلة النهائية :

يلاحظ خلالها نفس الظواهر الملاحظة أثناء المرحلة النهائية للانقسام الخيطي المتساوي ، حيث بعد انتهاء الانقسام النووي يتم انقسام سيتوبلازمي ينتج عنه أربع خلايا بنات متماثلة فيما بينها لكل واحدة ن صبغي (أي نصف عدد صبغيات الخلية الأم) .

النتيجة : ينتج عن الانقسام المنصف أربع خلايا بنات متساوية في ما بينها و تحمل نصف عدد الصبغيات المتواجد عند الخلية الأم .

تطور كمية ال ADN خلال الانقسام المنصف :

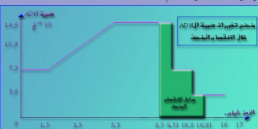
لنلاحظ خلال مراحل الانقسام المنصف الأول اختزال العدد الصبغي من (2 ن) إلى (ن) و بقاء العدد الصبغي ثابت (ن) خلال الانقسام الثاني المنصف .
فكيف يتم تطور كمية ال ADN خلال الانقسامين المتتاليين للانقسام المنصف ؟

تمارين مدعم :

36	36	36	7.3	7.3	14.6	14.6	10.95	7.3	7.3	ADN ال	هيمنة ال
36	36	36	7.3	7.3	14.6	14.6	10.95	7.3	7.3	10-11	م
17	16	10.91	10.9	9.51	9.5	5.5	3.6	1.5	0	(المرحلة)	أبداً

سمحت معايرة كمية ال ADN النووي لخلية منوية من الدرجة الأولى للإنسان خلال مرحلة التضيق من تشكل الأعراس بالحصول على النتائج المبينة في الجدول التالي :

* مثل المنحنى البياني لتغيرات كمية ال ADN بدلالة الزمن خلال مراحل الانقسام المنصف .
* حلل وفسر المنحنى .
* استخلص مميزات الانقسام المنصف حول تطور الصبغيات و كمية ال ADN باستغلالك لنتائج هذا النشاط و مستعينا بدراستك السابقة لهذا الانقسام .
إنجاز المنحنى البياني لتغيرات كمية ال ADN خلال الانقسام المنصف :



تطليل و تفسير المنحنى :

يمثل المنحنى تطور كمية ال ADN النووي لخلية إنسان خلال الانقسام المنصف .
* كمية ال ADN عند خلايا الإنسان ثنائية الصيغة الصبغية تقدر ب 7.3×10^{12} غ تبقى ثابتة في الفترة ما بين 0 يوم إلى 1.5 يوم و هي مدة تمتل المرحلة الجزيئية G1 من المرحلة البينية .

* في الفترة ما بين 1.5 يوم و 5.5 يوم لوحظ ارتفاع تدريجي لكمية ال ADN إلى غاية ضعف القيمة الأصلية 14.6×10^{12} غ وتمثل المرحلة الجزيئية S من المرحلة البينية .
* تبقى هذه الكمية ثابتة خلال المرحلة الجزيئية G2 للمرحلة البينية ، و المرحلة التمهيدية و الاستوائية للانقسام الاختزالي و ذلك في الفترة ما بين 5.5 يوم و 9.51 يوم .
* عند الزمن $9.51 = 1$ يوم لوحظ تناقص فجائي لكمية ال ADN إلى غاية نصف الكمية السابقة 7.3×10^{12} غ و ذلك يوافق المرحلة الانفصالية للانقسام الاختزالي حيث نهجر إلى مستوى قطبي الخلية صبغيات الرباعيات الكروماتيدية (صبغي ذو كروماتينين نحو قطب و صبغي آخر ذو كروماتينين من نفس الرباعية نحو القطب المقابل)
* تبقى بعدها كمية ال ADN مساوية إلى 7.3×10^{12} غ خلال المرحلة النهائية للانقسام الاختزالي والمرحلة التمهيدية و الاستوائية للانقسام المتساوي و ذلك في الفترة ما بين 9.51 و 10.8 يوم .
* و هذا يعني عدم وجود مرحلة بينية تتوسط الانقسامين و بالتالي عدم تضاعف ال ADN .
المرحلة الانفصالية للانقسام المتساوي و ذلك عند زمن $10.81 =$ يوم تتناقص فجأة كمية ال ADN إلى نصف 3.6×10^{12} غ و ذلك يوافق تضاعف الأجزاء المركزية للصبغيات و هجرة الصبغيات الأبناء نحو الأقطاب . تبقى بعدها في الفترة 10.81 يوم و 17 يوم كمية ال ADN ثابتة .

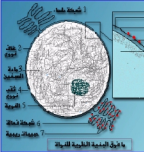
ما فوق بلية للنواة والجسيم المركزي :

ما فوق البنية الخلوية

تمثل النواة مركز قيادة الخلية و قد تم اكتشافها لأول مرة في الخلايا النباتية من طرف العالم براون BROWN سنة 1831 وهي تتكون أساسا من حموض نووية (ARN ADN) الموجهين لعمل الخلية-إلا أن هناك بعض الخلايا لا تحتوي على نواة مثل كريات الدم الحمراء (خلايا حيوانية) كما لا توجد في الأشنيات الزرقاء والخضراء والبكتيريا والفيروسات (خلايا نباتية)، حيث يحل محل النواة في هذا النوع من الخلايا بروتيينات نووية فقط و تسمى بذلك ببدائيات النواة .



تأخذ النواة غالبا شكلا كرويا أو بيضويا أو عدسيا ، تتوضع النواة في مكان من السيتوبلازم يتمتع بنشاط حيوي كبير و تكون محاطة حينئذ بالميتوكوندريات-يتعلق حجم النواة بنوع النسيج و وظيفته وعصر الخلايا حيث كما زاد عمر الخلايا يقل حجم النواة-و لقد بينت الأبحاث أن هناك نسبة بين حجم النواة و السيتوبلازم . تعتبر



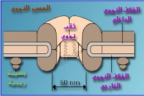
النواة من الناحية الفيزيوكيميائية معقد غروي محب للماء ، أكثر كثافة و لزوجة من السيتوبلازم .

تبدو النواة تحت المجهر الإلكتروني على شكل كرة مرنة ، محاطة بغلاف نووي رقيق تشمل في داخلها من 1-4 جسيمات كروية صغيرة أشد كسرا للضوء من النواة هي النوية-و نميز في النواة المكونات التالية

1. الغلاف النووي : يحيط بالنواة له نفس مميزات الأنظمة الغشائية للخلية و هو غشاء مزدوج تفضلهما عن بعضهما لقصور ضوئية تتخلله ثغوب قد تشغل

من 10 إلى 50 % من مساحته يتصل الغشاء الخارجي بالشبكة الهيولية الداخلية ، كما تتوضع الجسيمات الريبية عليه و لهذا يأخذ منظر حبيبي .

إن اتصال الغشاء الخارجي بالشبكة الهيولية الملاء و المحبة يؤكد وجود علاقة مستمر و دائمة بين النظامين البنيويين للنواة السيتوبلازم . فقد بينت التجارب الحديثة عدم قدرة النواة على الحياة طويلا بدون السيتوبلازم ، كما تضرر السيتوبلازم نشاطها الحيوي تدريجيا ، و تنتهي بالموت . يكمن دور الغلاف النووي في تنظيم تبادل المواد ما بين النواة و السيتوبلازم . كما يستطيع إصطناع الليبيدات و البروتينات .



2. العمارة النووية : مادة عديمة البنية ذات كثافة مختلفة . تتربك العصارة النوية بشكل رئيسي من بروتيينات بسيطة معلقة و بروتيينات نووية سكرية كما تشمل على الجزء الأكبر من أنزيمات النواة مثل الأنزيمات المرتبطة بتشكيل ال ATP و أنزيمات استقلاب الحموض الأمينية و البروتينات . بالإضافة إلى إحتوائها على و بروتيينات نووية المتمثلة في مادة الصبغين المشكلة من خيوط رفيعة من ال ADN . تنحصر الوظيفة الأساسية للعصارة النووية في إيجاد علاقة متبادلة بين البنيات النووية المختلفة . فهي وسط بيني نشط ، يتم خلاله إنتقال المواد المختلفة .

3. النوية : تحتوي نواة الخلية على نوية واحدة أو عدة نويات و هي من حيث البنية أكثر كثافة من النواة تأخذ النوية شكلا كرويا ، ذات حدود غير واضحة ، لأنها غير محاطة بغشاء خاص ، و لذلك فهي على تماس مباشر مع العصارة النووية . تتربك النويات من بروتيينات نووية متمثلة في ال ARN و بروتيينات ليبدية و بروتيينات فوسفورية و هكذا يلاحظ أن كمية البروتينات فيها مرتفعة جدا . بالإضافة إلى أن تركيز ال ARN في النوية أعلى منه في السيتوبلازم أو في النواة النويات كعضيات واضحة المعالم غير دائمة الوجود . تلاحظ في النواة المستقرة ، بينما تتلاشى و تغيب أثناء الانقسام ، ثم تظهر من جديد في نهاية مراحل الانقسام . تقوم النويات بوظيفة وراثية هامة، ترتبط بإصطناع الحمض الربي النووي الريبوزومي (ARNr) و المواد البروتينية، ثم بتشكيل الريبوزومات و التي تنتقل بعد ذلك من النواة إلى السيتوبلازم .

***. وظيفة النواة :**

تقوم النواة بالدور الأكثر نشاطا في تفاعلات الخلية الإستقلابية و في العمليات المرتبطة بتكاثرها و نموها . وتعمل على نقل الصفات الوراثية للكائن الحي خلال الانقسام الخلوي ، بالإضافة إلى كونها عضو التنظيم والتوجيه الأساسي في الخلية .

1. فقد تم التأكيد من دور النواة الهام في عملية إقسام الخلايا و تشكل الصبغيات منذ القدم .
2. كما توجد كل الأسس للإفراض بقيام النواة بتنظيم تطور الخلايا .
3. تشارك في تشكيل الميتوكوندريات و الصانعات و أغشية الشبكة البلازمية الباطنة .
4. أصبح من السهل الآن تفسير المشاركة التفصيلية لهذه العضية في نقل الصفات الوراثية .
5. تلعب النواة دورا عن طريق ال ADN في تشكيل ال ARN و إصطناع البروتينات و الأنزيمات .

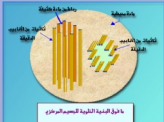


الذئقية الثلاثة المكونة لكل ثلاثية مرتبطة فيما بفضل خيوطات بروتيينية دقيقة مكونة لجدران التي تشترك فيها أنابيب الثلاثة الواحدة ترتبط مع أخرى بواسطة مادة كثيفة .

الجسيم المركزي: ما فوق البنية الخلوية :

يحتوي سيتوبلازم معظم الخلايا الحيوانية و بالقرب من النواة زوج من العضيات الصغيرة تسمى بالمريكزان أحدهما عمودي على الآخر و محاطان بمادة كثيفة تسمى بالمادة المحيطة .

تركيب المريكز: يظهر المريكز أسطواني الشكل يحوي



تسعة ثلاثيات من الأنابيب الدقيقة تكون الأنابيب بينها الأنابيب و كل ثلاثية

ما فوق البنية النووية للجسيم المركزي

المهجنة الأحادية في وجود السيادة :

تمهيد: يؤدي التكاثر الجنسي عند الكائنات الحية إلى تشكل أفراد جديدة تراث من الآباء مجموعة من الصفات تدعى الوراثة ، حيث تنتقل إلى أجيال أخرى متعاقبة . يستدعي انتقال الصفات تواجد عند كل كائن حي لمعلومة قابلة للانتقال من جيل إلى آخر تدعى المعلومة الوراثة .

إن دراسة هذه الصفات الوراثة وكيفية انتقالها من جيل إلى آخر و طبيعتها الكيميائية تمثل ما يسمى بعلم الوراثة . **تعريف علم الوراثة :** هو العلم الذي يدرس انتقال الصفات الوراثة من الآباء إلى الأبناء و قولين هذا الانتقال كما يهتم بدراسة الطبيعة الكيميائية لهذه الصفات وكيفية عملها ، حيث يعتبر النمساوي غريغور مندل هو مؤسس علم الوراثة حيث اختار لتجاربه نبات البازلاء للأسباب التالية :

- * دورة حياته قصيرة .
- * إمكانية حدوث تأثير ذاتي .
- * سهولة الزراعة و احتوائه على عدة صفات يمكن دراستها
- * مفهوم السلالة النقية : اختار مندل نباتين من البازلاء الأول بذور ملساء (●) و الثاني بذور مجعدة (●)
 - * زرع البذور الملساء و لاحظ أنها في كل جيل تعطي بذور ملساء .
 - * زرع البذور المجعدة و لاحظ أنها في كل جيل تعطي بذور مجعدة .

النتيجة : سلالة البذور الملساء و سلالة البذور المجعدة نقيتين لأنهما تعطيان أفراد لعد أجيال متشابهين فيما بينهم و يشبهون صفة الأبوين .

* المهجنة الأحادية :

* أعمال مندل المرحلة الأولى

* زرع مندل كل سلالة لوحدها (الملساء المجعدة) ثم قطع ما بر إحدى المجموعتين (سلالتين) قبل نضج حبوب الطلع ثم غطي بقطة من الشاش لمنع التأثير الطبيعي و عند نضج حبوب الطلع نثر على مياثم المجموعة المقطوعة المأبر بعد نزع الشاش ثم إرجاعه .

النتيجة : جميع البذور

الناتج عن هذا التصالب ملساء و هي تمثل أفراد الجيل الأول (ج 1) .

الخلاصة : أفراد الجيل الأول متشابهة فيما بينها و تشبه أحد الأبوين (قانون مندل الأول) .

المرحلة الثانية من التجربة : زرع مندل بذور الجيل الأول التي هي ملساء و عند الإزهار تركها تأثر نفسها .

النتيجة : مجموعة البذور التي حصل عليها: 7324 بذرة = ج 2

مجموعة البذور الملساء هي = 5474 بذرة ملساء = 75 %

مجموعة البذور المجعدة هي = 1850 بذور مجعدة = 25 %

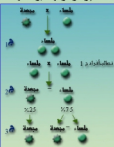
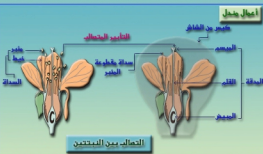
إن ظهور الصفة المجعدة في أفراد الجيل الثاني أكدت لمندل أن أفراد الجيل الأول سلالة هجينة .

الخلاصة : إن ظهور الصفة المجعدة في الجيل الثاني دلت على وجودها في أفراد الجيل الأول لكنها كانت مخفية وراء الصفة الملساء . من خلال نتائج الجيل الثالث ج 3 تأكد مندل أن البذور المجعدة التي ظهرت في الجيل الثاني سلالة نقية

مفهوم الصفة السائدة : هي الصفة التي تظهر في أفراد الجيل الأول

بنسبة 100 % و في الجيل الثاني بنسبة 75 % .

مفهوم الصفة المتنحية : هي الصفة التي تختفي في الجيل الأول و تظهر في الجيل الثاني بنسبة 25 % .



الإلقاء الاختباري : التراجعي

عندما يتواجد فرد نمطه الظاهري يمثل الصفة السائدة ، و لهدف معرفة نمطه التكويني هل هو متماثل العوامل الوراثية ، نجري تصالبا بين الفرد المدروس ذو النمط الظاهري الممثل للصفة السائدة مع فرد يحمل الصفة المقهورة و يسمى هذا التصلب الإلقاح الاختباري (التراجعي) .

الأب	م	م
م	م	م
م	م	م
الأب	م	م
م	م	م
م	م	م

مثال : لمعرفة النمط التكويني لنبات البازلاء ذو البذور الملساء هل هو متماثل العوامل (* *) أو مختلف العوامل (م *) نجري التصلب الاختباري .

الاحتمال 1 : إذا كانت الأفراد الناتجة عن هذا التصلب 100 % يحملون الصفة السائدة (ملساء) فإن الأب الذي نبحث عن نمطه التكويني هو من سلالة ملساء نقية (* *) .

الاحتمال 2 : أما إذا كانت الأفراد الناتجة عن هذا التصلب 50 % يحملون الصفة الملساء السائدة و 50 % يحملون الصفة المتنحية المجمدة . فإن الأب الذي نبحث عنه نمطه التكويني هو من سلالة ملساء هجينة (م *) .

المحببة الأحادية في غياب السيادة :

تمرين : نحري تصالب بين نباتين من شب الليل البستاني من سلالتين نقيتين الأول ذو أزهار بيضاء والثاني ذو أزهار حمراء والبنور الناتجة عند غرسها تعطي نباتات تمثل الجيل الأول و التي أزهارها وردية اللون عند إجراء إلقاحات ذاتية بين أفراد الجيل الأول، فإن بنورها تعطي نباتات تمثل الجيل الثاني وهي موزعة كالآتي:



- 25 % نباتات ذات أزهار حمراء .
- 25 % نباتات ذات أزهار بيضاء .
- 50 % نباتات ذات أزهار وردية .
- تحليل و فسر كيفية الحصول على أفراد الجيل الأول و الجيل الثاني .

تحليل وتفسير النتائج :

• "أفراد الجيل الأول متشابهة فيما بينها إلا أنها لا تشبه أحد الأبوين، و هذا يعني أنه لا تسود إحدى صفتي الأبوين على الصفة الأخرى و بالتالي لا توجد سيادة بين الصفتين لذا ظهرت صفة وسطية بين الحمراء والبيضاء "وردية"

• "نلاحظ أنه لما يكون الفرد هجين فإن الأزهار تكون وردية أما في حالة كون الفرد من سلالة فإن الأزهار إما أن تكون حمراء أو بيضاء"

النتيجة : لا يوجد سيادة في هذه الحالة بين الأبوين وعليه

فإن النمط الظاهري يتباين النمط التكويني فالوردية سلالة هجينة والحمراء والبيضاء سلالتين نقيتين .

المحاضرة الثمانية :

أعمال مدلل: الاختار مسدل نباتين من البازلاء من سلالتين نقيتين يختلفان عن بعضهما في صفتين هما (شكل ولسون البذرة). 1- الثبات الأول نحو بذور ملساء صفراء اللون (●). 2- الثبات الثاني نحو بذور مجمدة خضراء اللون (●).

المرحلة الأولى :

التحضير: قام ملحد بإجراء التعصباب عن طريق التأخير الغير المباشر بنفس الكيفية التي اتبعها في الهجوم الأحادية النتائج التي حصلها عليها هي :

الخلاصة: قانون مندل الأول مطبق لأن كل فرد ال ج أ متشابهة ومهيمنة .

* . الصفة الملصاء سائدة على صفة المجعدة . * . صفة اللون الأصفر سائدة .

المرحلة الثانية :

التفسير : زرع هذا

* أجري مبدل تجاريه على 15 نبات من البازلاء وجنى البذور من هذه النباتات التي تمثل الجيل الثالث

النتائج التي حصل عليها هي : حصل مندل في الجيل الثاني على 556 بذرة تتوزع كالآتي :

315 بندة صفر اه ملباء ه هي ثمنل 556/315 = 16/9 = 56.25 % .

108 ينزلة صفراء مجمدة و هي تمثل $556/108 = 16/3 = 18.75\%$.

101 بذرة خضراء ملساء و هي تمثل $556/101 = 5.505\% = 16/3$.

32 بذرة خضراء مجعدة و هي تمثل $\frac{556}{32} = 16\frac{1}{2} = 6.25\%$.

الخلاصة: أثبتت مندل أن النمطين الظاهرين للألوان يظهران من جديد ، تتكون

* الأولى : ذات نمط ظاهري متعدد صفراء . * الثانية : ذات نمط ظاهري مليساء خضراء .

التفسير: إن العاملين المحددين لكل صفة يتفصلان عن بعضهما عند تشكل الأمر أو (مبدأ لقاء)

منديل (ثاني) بحيث أن البذور الملتصقة قد تكون صفراء أو خضراء و البذور المجعدة قد تكون خضراء أو صفراء
و هذا يؤدي إلى استنتاج قانون منديل الثالث (قانون التوزيع أو الاختراق المستقل للصفات)

قانون مندل الثالث : يخص حالة أكثر من صفة ، عاملي كل صفة يتفصلان عن بعضهما بصورة مستقلة عن

عن لعل الصفات الأخرى

لو مثلنا لعامل الملاسة بالرمز م ، نمثل لعامل التجهيز بالرمز ج .

لو مثلنا لعامل اللون الأصفر

النمط الظاهري للأباء : ← مثلاً صفراء × مجعدة خضراء
النمط التكويني للأباء : ← (م م ، ص ص) | (ج ج ، خ خ)

• **Supervisors** •

*. نلاحظ أن الأعراس لا تحوي إلا عامل وراثي

واحد لكل صفة (قانون مندل الثاني)

احتمال النمط التكويني لـ \mathbf{A}

احتمال النمط الظاهري لـ ج ا : ← 100% بؤر ملساء صفراء

$$s(-1.50, -1.50, -1.33) = 43.7\% \text{ at } \alpha = 0.10, 1 = 0.05, s(4.15, 4.15, 2.50) = 43.7\%$$

١١٩٩

النمط الظاهري: $\text{مُتَسَاء صفراء} \times \text{مُتَسَاء صفراء}$

النمط التكويني :

أحد 1/4	اثنان 1/4	أحد 1/4	اثنان 1/4	أفراد
أحد 1/16	اثنان 1/16	أحد 1/16	اثنان 1/16	أحد 1/4
أحد 1/16	أحد 1/16	أحد 1/16	أحد 1/16	أحد 1/4
أحد 1/16	اثنان 1/16	أحد 1/16	اثنان 1/16	أحد 1/4
أحد 1/16	أحد 1/16	أحد 1/16	أحد 1/16	أحد 1/4

أفراد الجيل الثاني . نمطية التكوين

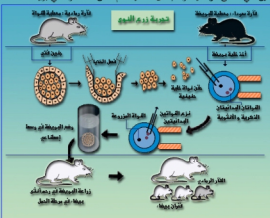
نلاحظ من جدول الضرب الوراثي (9) أنماط تكوينية و (4) أنماط ظاهرية في ج 2 كما يلي

<p>● 56.25٪ ممر ص / ممر ص / ممر ص / مرج ص نسبتها</p> <p>● 18.75٪ ممر ص / مرج ص نسبتها</p> <p>● 18.75٪ مرج ص / مرج ص نسبتها</p> <p>● 6.25٪ مرج ص نسبتها</p>	<p>16/9 بذور علسا صفراء</p> <p>16/3 بذور علسا خضراء</p> <p>16/3 بذور مجمدة صفراء</p> <p>16/1 بذور مجمدة خضراء</p>
--	---

مكان تواجد العوامل الوراثية داخل الخلية :

تجربة زرم النوى : لدينا ثلاث سلالات من الفئران تختلف عن بعضها في لون أوبارها :

- أوبار سوداء - أوبار بيضاء - أوبار رمادية . نتلق كل من الأنثى الرمادية والأنثى السوداء بذكر من نفس سلالتيهما مستخلص من جنين فتي للأنثى الرمادية نواة إحدى الخلايا . ثم نحقق هذه النواة في بويضة ملقحة حديثاً مأخوذة من أنثى سوداء بعد أن ننزع من هذه البويضة المعنية نواتي النخلة والبويضة قبل اندماجهما بعد الحصول على هذه البويضة و التثري في تطورها في وسط اصطناعي نقوم بزرعها في رحم أنثى بيضاء في مرحلة الحمل (لقيحت بذكر من نفس سلالتها) .



* أصطت الفأرة البيضاء عند الوضع فأر رمادي مع مجموعة فئران بيضاء . ما هو الهدف من هذه التجربة ؟ ما هي المعلومات الأساسية المستخلصة من ميلاد هذا

فأر الرمادي وخاصة فيما يخص أين تتواجد (مكان وجود) العوامل الوراثية .

الهدف من التجربة : تحديد العناصر المسؤولة عن نقل الصفات الوراثية أي أين تتواجد العوامل الوراثية (الهيولى أو النواة أو الرحم) .

طريقة العمل : عزل دور كل من : النواة ، الهيولى ، الرحم . لهذا الغرض نزرع النواة الرمادية في هيولى سوداء ' في رحم ' أبيض ' .

النتيجة : تتواجد العوامل الوراثية في النواة ، أي أن النواة هي المسؤولة عن نقل الصفات الوراثية .

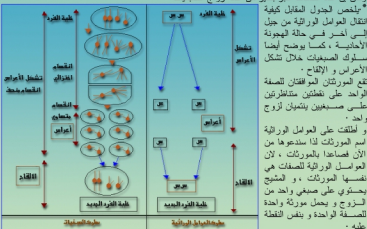
الفرضية الصبغية :

وضع العالم ستون 1902 فرضية تقول (إن العوامل الوراثية محمولة على الصبغيات) . أي تؤلف جزء من الصبغي و يحوي الصبغي الواحد عدد كبير من العوامل الوراثية و ذلك اعتمادا على الموازنة التالية بين سلوك الصبغيات و سلوك العوامل الوراثية .

سلوك العوامل الوراثية	سلوك الصبغيات
عند فرد له صفة معينة تمثل هذه الصفة على مستوى خلايا الفرد بعاملين وراثيين	عند فرد ثنائي الصيغة الصبغية (2ن) تتواجد الصبغيات على شكل أزواج متماثلة على مستوى الخلايا
أثناء تشكل الأعراس يفصل عاملي الصفة الواحدة حيث لا يتواجد في العروس سوى أحد عاملي الصفة	أثناء تشكل الأعراس يحدث الانقسام المنصف ثم انفصال صبغيات الزوج المتماثل ليتواجد كل صبغي في عروس
أثناء الإلقاح يتحد من جديد عاملي الصفة الواحدة على مستوى البيضة الملقحة التي يتكون منها الفرد الجديد	أثناء الإلقاح تم اتحاد نواتي العروسين الذكري والأنثوي و بالتالي تتشكل بيضة ملقحة تحوي نواتها الصبغيين المتماثلين (صبغيا العروسين)

التوازي بين سلوك الصبغيات و سلوك العوامل الوراثية :

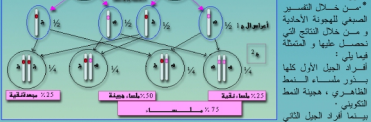
نظرا للتوازي بين سلوك الصبغيات و سلوك العوامل الوراثية يمكن القول بأن الصبغيات هي العوامل الوراثية ولكن إن عدد الصفات أكبر بكثير من عدد أزواج الصبغيات .



التفسير الصبغي للهجونة الأحادية والثنائية :

الهجونة الأحادية :

إن المورثتين المسؤولتين عن ظهور صفة ما تكونان محمولتان في مكانين متماثلين من صبغيين متماثلين . أي أنهما مفصولان عن بعضهما ، و بما أن كل عروس لا يحتوي إلا على صبغي واحد من كل زوج لذا فإنه لا يحوي إلا على مورثة واحدة للصفة الواحدة . فيما يلي التفسير الصبغي لتصاب نبات البازلاء ذو البذور الملساء مع نبات بازلاء ذو البذور المجعد .



الهجونة الثنائية :

إن مختلف المورثات المسؤولة عن ظهور الصفات المستقلة تتوزع على أشعاع (زواج) مختلف الصبغيات مما يفسر قانون الافتراق المستقل للصفات .



الارتباط المطلق - الارتباط الجزئي :

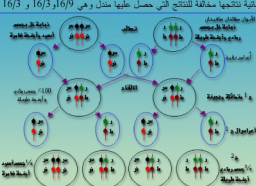
* **تدعيم الفرضية الصبغية :** أن عدد صفات الفرد من نوع يتجاوز عدد أزواج الصبغيات المتواجدة على مستوى خلايا هذا الفرد، فالمورثات لا تخضع دائما للتوزيع المستقل كما ينص على ذلك قانون مندل الثالث ولا يمكن تفسير ذلك إلا إذا كانت المورثات مرتبطة مع بعضها على نفس الزوج المتماثل من الصبغيات .

الارتباط المطلق : تجربة العالم مورغان :

* نجري تصالب بين سالتين نقيتين من ذبابة الخل الأولى بجسم رمادي وأجنحة طويلة-الثانية بجسم أسود وأجنحة ضامرة . فكانت أفراد الجيل الأول عبارة عن ذبابات خل بجسم رمادي وأجنحة طويلة .
* أجريت إقاحات ذاتية بين أفراد الجيل الأول وتم الحصول على أفراد الجيل الثاني وهي موزعة كما يلي :
75 % ذبابات خل بجسم رمادي وأجنحة طويلة 25 % ذبابات خل بجسم أسود وأجنحة ضامرة .
هل أن هذه النتائج المحصل عليها موافقة لنتائج مندل ؟ ما هي الفرضية التي يمكن اقتراحها لتفسير النتائج المحصل عليها .

أ . فرضية ارتباط صفات معينة :

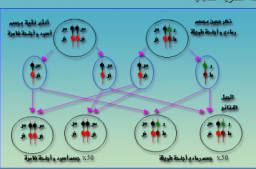
ظهور أفراد الجيل الأول بجسم رمادي وأجنحة طويلة 100 % يعود إلى كون :
* صفة الجسم الرمادي سائدة على الجسم الأسود . * صفة الأجنحة الطويلة سائدة على الأجنحة الضامرة .
* أن هذه التجربة تمثل هجونة ثنائية نتائجها مخالفة للنتائج التي حصل عليها مندل وهي 16/9 و 16/3 و 16/1 .



و نلاحظ أيضا غياب السالتين الجدينتين وهما قصيرة الجناح رمادية الجسم و طويلة الجناح سوداء الجسم . وهذا يدل على أن الصفات لا تتوزع بشكل مستقل ، مما يؤدي إلى إعطاء تفسير واحد لهذه النتيجة و هو أنه يوجد ارتباط تام بين صفة الجناح الطويل و الجسم الرمادي و كذا صفة الجناح القصير و الجسم الأسود و هذا يعني أنها محمولتان على نفس الصبغي .

من خلال التفسير الصبغي لتجربة العالم مورغان نستنتج أن المورثات لا تخضع دائما إلى قانون التوزيع المستقل و لا يمكن تفسير حالة الارتباط إلا إذا كانت المورثات محمولة على نفس الصبغي .

النتيجة : النتيجة النهائية تؤكد صحة النظرية الصبغية.



و لتأكد من هذه النتيجة أجرى العالم مورغان الإقحاح التراجعي بين فرد من الجيل الأول بجسم رمادي وأجنحة طويلة (ذكر هجين) مع أنثى حاملة للصفات المقهورة سوداء الجسم ضامرة الأجنحة .

النتيجة : لفرد الجيل الناتج موزعة كما يلي:
لنابتين نططين ظاهريين الأول : ذبابات خل طويلة الجناح و جسم رمادية 50 % و الثانية ذبابات خل قصيرة الجناح سوداء الجسم 50 % .

الارتباط الجزئي : تمرين مدمج :

نصالب بين سالتين من ذبابات الخل : الأولى أنثى بجسم رمادي وأجنحة طويلة (هجين) . الثانية ذكر بجسم أسود وأجنحة ضامرة (نقية) .

النتائج المحصل عليها موزعة كما يلي :

- 41.5 % ذبابات خل بجسم رمادي وأجنحة طويلة . *
- 41.5 % ذبابات خل بجسم رمادي وأجنحة ضامرة . *
- 8.5 % ذبابات خل بجسم رمادي وأجنحة ضامرة . *
- 8.5 % ذبابات خل بجسم أسود وأجنحة طويلة . *
- هل هذه النتائج المحصل عليها موافقة لنتائج مندل ؟ هل هي موافقة لنتائج الارتباط المطلق ؟
- ما هي الفرضية التي يمكن اقتراحها لتفسير النتائج المحصل عليها ؟

تفسير النتائج :

نوع التصالب هو تصالب إختباري . ظهرت أربعة أنماط ظاهرية ، نططين أبويين و نططين جنديين غير أن هذه الأنماط لم تظهر بنفس النسب التي ظهرت بها نتائج التصالب الإختباري في حالة استقلال الصفات . لأن صفة لون الجسم و نمو الأجنحة غير مستقلتين عن بعضهما . نفرض أن هذه الصفات مرتبطة فيما بينها و رغم ذلك فإن هذه النتائج لا تماثل النتائج الحقيقية للتجربة و منه يمكن تفسير نتائج التجربة بعدم وجود استقلال تام بين الصفتين و عدم وجود ارتباط مطلق بينهما و إنما هناك ارتباط جزئي بين الصفتين حيث تنتج هذه الحالة من حدوث ظاهرة العبور .

* نلاحظ بقاء الأتباط ثابت بين المورثات بنسبة 83 % و زال ارتباط بين المورثات بنسبة 17 % .

الفرضية المقترحة : إن هذه النتائج تؤكد أن هناك حالة ارتباط جزء بين صفتي لون الجسم و طول الجناح . حيث تنتج هذه الحالة من حدوث ظاهرة العبور .

* نلاحظ بقاء الأتباط ثابت بين المورثات بنسبة 83 % و زال ارتباط بين المورثات بنسبة 17 % .

مفهوم العبور :

خلال الانقسام المنصف يحدث في المرحلة التمهيدية للانقسام الإختباري تزاوج الصبغيات المتماثلة مكونة الرباصيات الكروماتيدية مما يسمح بتبادل قطع من الكروماتيدات على مستوى الرباعية في منطقة العبور وهو ما ينتج عنه انتقال مورثة من صبغي إلى الصبغي المتماثل له مؤديا إلى تشكل أعراس جديدة إلى جانب الأعراس التي لم يحدث فيها العبور .

خريطة المورثات : إن تمثيل الصبغي و عليه المورثات التي يحملها و تحديد المسافة بين مورثتين متتاليتين يسمح لنا بالحصول على ما يسمى بخريطة المورثات .

تحدد المسافة بين مورثتين مرتبطتين على نفس الصبغي :

يمكن تحديد المسافة بين مورثتين بفضل نتائج العبور و نسبة التراكيب الجديدة الغير لبوية الناتجة .
افترض مورغان أن ظاهرة العبور يمكن أن تتم في أي منطقة من الصبغي و باعتبار أن ظاهرة العبور لا يمكن لها أن تقتصر بين مورثتين متوالجتين على مستوى نفس الصبغي سوى إذا كانت منطقة العبور بين موضع المورثتين . فيمكن القول أنه كلما كانت المسافة بين المورثتين كبيرة ، كلما كانت نسبة احتمال حدوث العبور بين المورثتين كبيرة و العكس صحيح .

أخذت وحدة المسافة على الصبغي مساوية ل 1 % من التراكيب الجديدة الناتجة من حدوث العبور ، حيث تقابل 1 % من التراكيب الجديدة 1 سنتي مورغان .

تمرين مدمج :

- تقوم بتصالب بين ذبابات خل أنثى هجينة بجسم رمادي وأجنحة طويلة و ذبابات خل ذكرية ذات جسم أسود وأجنحة ضامرة . أفراد الجيل المحصل عليه ممثلة كما يلي :
- 1310 ذبابة خل بجسم رمادي وأجنحة طويلة - 1302 ذبابة خل بجسم أسود وأجنحة ضامرة .
- 304 ذبابة خل بجسم رمادي وأجنحة ضامرة - 308 ذبابة خل بجسم أسود وأجنحة طويلة .
* ماذا يمكنك أن تستخلص من تحليل النتائج المحصل عليها .
- تقوم بتصالب بين ذبابات خل أنثى هجينة ذات جسم رمادي و عيون حمراء و ذبابات خل ذكرية ذات جسم أسود و عيون أرجوانية . أفراد الجيل المحصل عليها ممثلة كما يلي :
- 993 ذبابة خل ذات جسم رمادي و عيون حمراء - 989 ذبابة خل ذات جسم أسود و عيون أرجوانية .
- 65 ذبابة خل ذات جسم رمادي و عيون أرجوانية - 63 ذبابة خل ذات جسم أسود و عيون حمراء .
* ماذا يمكنك أن تستخلص من تحليل النتائج المحصل عليها .
- إستنادا على نتائج التصالبيين السابقين ضع الخرائط الوراثية الممكنة للمورثات المسؤولة عن لون الجسم ولون العيون وطول الأجنحة .
- علما أن نسبة التراكيب الجديدة للمورثتين (أجنحة طويلة و عيون حمراء) = 13 % ، ضع خريطة المورثات الثالثة المدروسة .

1 . من خلال نتائج التصالب الأول يمكن استخلاص ما يلي :

نسبة التراكيب الأبوية = $1310 + 1302 / 3224 \times 100 = 81\%$

نسبة التراكيب الجديدة = $304 + 308 / 3224 \times 100 = 19\%$

و منه نستنتج أن البعد بين مورثة (لون الجسم) و مورثة (طول الجناح) = 19 سنتي مورغان .

2 . من خلال نتائج التصالب الثاني يمكن استخلاص ما يلي :

نسبة التراكيب الأبوية = $993 + 989 / 2110 \times 100 = 94\%$

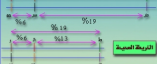
نسبة التراكيب الجديدة = $65 + 63 / 2110 \times 100 = 6\%$

ومنه نستنتج أن البعد بين مورثة (لون الجسم) و مورثة (لون العيون) = 6 سنتي مورغان .

3 . انطلاقا من نتائج التصالبيين لموضع المورثات الثلاثة يكون :

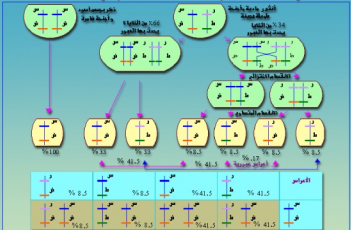
* وضعت أشكال المورثات السائدة على صبغي و أشكال المورثات المقهورة على الصبغي الثاني المتماثل للأول .

4 . بما أن نسبة التراكيب الجديدة لمورثتي طول الأجنحة و لون العيون هو 13 % فهذا يعني أن البعد بين المورثتين هو 13 سنتي مورغان ، و بذلك تكون خريطة المورثات الثلاثة كما في الشكل :



التفسير المبني لحالة الارتباط الجزئي :

لقد بينت الحسابات الدقيقة أن نسبة الخلايا التي تحدث بها ظاهرة العبور أثناء الانقسام المنصف طبعاً لتشكل الأعراس تبلغ 34% من الخلايا في حين أن الخلايا الأخرى والتي تبلغ نسبتها 66% لا تحدث بها ظاهرة



العبور كما أكتت التجربة السابقة أن ظاهرة العبور المدروسة هنا تحدث لدى الأنثى -

العوامل الحديثة في علم الوراثة ، الوراثة الجزيئية .

١ . الطفرة الوراثية : أعمال مولر

إن بكتريا اشيريشيا كولاي (E. Coli) الطبيعية حساسة لمادة الستربتوميسين-إن زرع مجموعة من هذه البكتريا في وسط سائل ثم نقلها على طبق من مادة الأغار (الصلب) في طبق بتري ، نلاحظ بعد عدة أيام أن سطح الأغار يتغطى بكثلة جامدة من الخلايا البكتيرية (حدث نمو) .

نزرع مجموعة مشابهة للأولى في وسط آخر مشابه للأول إلا أنه يحوي على مادة الستربتوميسين نلاحظ عدم تكون الكتلة الجامدة السابقة إلا أنه يمكن ملاحظة بعض المستعمرات غير متصلة والتي تنمو بشكل مبثر .

الاستنتاج : لقد ظهرت في البكتريا الأصلية أفراد مقاومة للستربتوميسين والتي نسميها البكتريا الطافرة (الغير حساسة للستربتوميسين) أي المقاومة لهذه المادة .

عند إجراء تصالب بين أفراد السلالة الجديدة (المقاومة) ستحصل على أفراد طافرة (غير حساسة) باستمرار أي أنها أصبحت صفة وراثية تنتقل عبر الأجيال .

تعريف الطفرة : هي ظهور صفة بصورة مفاجئة غير متوقعة و تصبح وراثية تنتقل عبر الأجيال .

العوامل المسببة للطفرات :

* طفرات تلقائية طبيعية أسبابها :

- الأشعة الطبيعية الناتجة عن النشاط الإشعاعي ، الأشعة تحت البنفسجية للشمس ، التغيرات الحرارية .
- الفعل السام للفضلات الخلوية المتراكمة ، النقص فيما يخص بعض الشوارد المعدنية .

* الطفرات الاستطاعية الحديثة لأغراض علمية أسبابها :

- العوامل الفيزيائية المسببة للطفرات : أشعة α ، β ، γ ، أشعة x ، الأشعة تحت البنفسجية القوية .
- العوامل الكيميائية : مثل مضادات الانقسام الخلوي ، و بعض المضادات الحيوية .
- العوامل البيولوجية : بتأثير كائن حي على آخر (فيروس بكتريا) .

استعمل العالم غريفيث الإنجليزي بكتريا من نوع المكورات الرئوية تضم هذه المكورات نوعين هما :

* مكورات رئوية ملساء يرمز لها بالرمز "S" أو "م" محاطة بعلبة سكرية فلا تستطيع الكريات الدموية البيضاء بلعمتها ولهذا فهي ممرضة.
* مكورات رئوية خشنة يرمز لها بالرمز "R" أو "خ" غير محاطة بمحلفة ولهذا فهي غير ممرضة.
استعمل العالم غريفيث لتجاريه حيوان الفأر و تخلص خطوات التجربة فيما يلي :



1- حقن الفأر الأول بمحلول من المكورات الرئوية "م" الملساء ذات المحافظ .

2- حقن الفأر الثاني بمحلول من المكورات الرئوية "خ" الخشنة عديمة المحافظ .

3- حقن الفأر الثالث بمحلول من المكورات الرئوية "م" ميتة (مقتولة بالحرارة) .

4- حقن الفأر الرابع بمحلول من المكورات الرئوية "م" ميتة و مكورات رئوية "خ" حية .

الملاحظة : عدم موت الفأرين الثاني والثالث و موت الفأرين الأول والرابع . كما لوحظ تواجد مكورات رئوية "م" ملساء حية على مستوى دم الفأر الرابع الميت .

التفسير : إن موت الفأر الأول سببه تواجد المحافظ على مستوى المكورات الرئوية "م" المحقونة ، فعدم تواجدها عند المكورات الرئوية "خ" المحقونة للفأر الثاني سمح باستمرار حياة الفأر ، و عدم موت الفأر الثالث يعود إلى أن محافظ المكورات الرئوية "م" تخربت بفعل الحرارة .

موت الفأر الرابع يعود سببه إلى تواجد محافظ المكورات الرئوية "م" الحية في دمه ، و لا يفسر وجود المكورات الرئوية "م" الحية رغم حقن الفأر الرابع بمكورات رئوية "م" ميتة و مكورات رئوية "خ" حية إلا بحدوث تحول المكورات الرئوية "خ" الحية إلى "م" حية حيث تصبح ذات محافظ .

يسمى هذا التحول بوجود مادة مصدرها المكورات الرئوية "م" الميتة و يسمى هذا التحول بالتحول البكتيري ، كما تسمى المادة التي تنتقل من "م" الميتة إلى "خ" الحية و التي تساهم في التحول البكتيري بالعامل المحول .

النتيجة : حدث تحول بكتيري بتدخل العامل المحول .

"خ" حية ← تحول بكتيري ← "م" حية
"م" ميتة ← عامل التحول

• ما هي طبيعة العامل المحول ؟

أعمال أفرام 1944 :

تتركز أعمال البيولوجي الأمريكي أفرام و مساعديه ماك لويد و ماك كارتني على تجربة غريفيث بالهدف من هذه الأعمال هو تحديد طبيعة العامل المحول أثناء عملية التحول البكتيري .

التجربة : تحضير خلاصة من البكتريا "م" الميتة بفعل الحرارة ، و توزيع في ثلاث أنابيب اختبار ، و تعالج الأنابيب الثلاثة كالآتي :

- الأنبوب الأول : تنقية الخلاصة من جميع بروتينات و وثينات و بقاء فقط الـ ADN .
- الأنبوب الثاني : تنقية الخلاصة من جميع الـ ADN و بقاء فقط البر و وثينات .
- الأنبوب الثالث : تنقية الخلاصة من جميع البر و وثينات و إضافة أنزيم خاص بتفريب الـ ADN هو ADNase إلى الأنابيب .

* يضاف إلى كل من الأنابيب الثلاثة محضر من البكتريا "خ" الحية .
* تحقن ثلاثة فئران بكل واحد بمحلول من المحاليل الثلاثة .

الملاحظة : لوحظ استمرار حياة الفأر الذي حقن بمحلول الأنبوب الثاني و الفأر الذي حقن بمحلول الأنبوب الثالث .

التفسير : عدم وجد الـ ADN في محلول الأنبوب الثاني و تخريبه في محلول الأنبوب الثالث سمح باستمرار حياة الفأرين بينما وجد الـ ADN في محلول الأنبوب الأول أدى إلى موت هذا الفأر .

إن سبب التحول البكتيري هو انتقال جزء من الـ ADN الخاص بالبكتريا المكورات الرئوية "م" الميتة إلى المكورات الرئوية "خ" الحية ، فاندمج مع الـ ADN الخاص بها مسببا التحول البكتيري ، حيث ساهم في اصطناع المكورات الرئوية "خ" للمحافظ متحولة إلى مكورات ملساء .

عامل التحول هو جزيئة الـ ADN و بالتالي فالـ ADN هو الحامل للمعلومات الوراثية عند البكتريا المدروسة و على هذا فإن الـ ADN هو الدعامة الجزيئية للمعلومات الوراثية

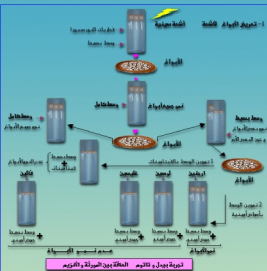
النتيجة : تتمثل المورثة في الـ ADN أو هي تتابع عدد محدد من النكليوتيدات على جزيئة الـ ADN . إن المورثة وحدة غير قابلة للتجزؤ و شامها يؤدي إلى ظهور صفة معينة .



تحديد طبيعة العامل المحول في التحول البكتيري

العلاقة بين المورثة والأزيم: * **أعمال بيديل وتاتوم:** بإمكان فطر الثورس بورا النمو في أنابيب اختبار بها وسط مغذي يتكون من مادة الأغار مضاف لها املاح معدنية جلوكوز و فيتامينين هما البيوتين و التيامين و سمي هذا الوسط بالوسط البسيط ، حيث أن جميع مكوناته ضرورية لنمو الفطر و أن هذا الوسط لا يقدم للفطر سوى الحد الأدنى من احتياجاته .

بإمكان هذا الفطر اصطناع المواد الأخرى أبدأ من مكونات الوسط مثل الأحماض الأمينية و الأنزيمات الخاصة بتفاعلات الأيض المختلفة



التجربة: عرضت أبواغ الفطر للأشعة السينية ثم وضعت لتتو في وسط كامل (الوسط البسيط + جميع الفيتامينات والأحماض الأمينية) فلاحظ نمو الأبواغ إلى فطريات عندما كوت أبواغ ، زرعت هذه الأخيرة على وسطين الأول بسيط والثاني كامل

الملاحظة 1: لوحظ نمو جميع الأبواغ الموضوعة في الوسط الكامل ، أما تلك الموضوعة في الوسط البسيط فبعضها تمكن من النمو و البعض الآخر عجز عن النمو .

* أخذت الأبواغ التي لم تتمكن من النمو في الوسط البسيط وزرعت على أوساط بسيطة مضاف إليها - فيتامينات بالنسبة لأحد الأوساط .

- حمض أميني من بين الخموض الأمينية العشرون بالنسبة لكل وسط من الأوساط الأخرى .

الملاحظة 2: لوحظ عدم نمو الأبواغ في الوسط البسيط المضاف إليه الفيتامينات ، و عدم نمو الأبواغ في الأوساط البسيطة المضاف إليها أحد الأحماض الأمينية العشرون ماعدا في الوسط الذي أضيف له الحمض الأميني أرجينين .

التفسير: **الملاحظة 1:** عدم نمو بعض الأبواغ في الوسط البسيط ، يعود إلى أنها حدثت لها طفرة وراثية بفضل الأشعة السينية التي جعلتها غير قادرة على اصطناع مادة ضرورية لنموها و غير متواجدة في الوسط ، و هذا يعود إلى تغير في بنية مستوى معين من سلسلتي جزيئة ال ADN ، أي تغير التركيب الكيميائي للمورثة المسؤولة على اصطناع هذه المادة .

أما نمو الأبواغ في الوسط الكامل ، يدل إلى أن الأبواغ للطافرة وجدت في الوسط المادة الضرورية لنموها فهي إن إحدى الفيتامينات أو الأحماض الأمينية .

التفسير للملاحظة 2: عدم نمو الأبواغ للطافرة في الوسط البسيط الذي يحتوي على الفيتامينات أو إحدى الأحماض الأمينية و نموها فقط في الوسط البسيط المضاف إليه الأرجينين يدل إلى أن المادة الضرورية لنمو الأبواغ هي الأرجينين . فالأبواغ العادية بإمكانها اصطناع الأرجينين و يرمز لها ب arg^+ أما الأبواغ الطافرة فهي عاجزة عن اصطناع الأرجينين و يرمز لها ب arg^- ويعود إلى حدوث الطافرة الوراثية على مستوى مورثة الأرجينين و بالتالي توقف التفاعلات البيوكيميائية التي تؤدي إلى اصطناعه- ويعود هذا إلى أن الأبواغ الطافرة أصبحت عاجزة على اصطناع الأترزيم الذي يدخل في حدوث هذه التفاعلات .

النتيجة: تسبب الأشعة السينية للأبواغ طفرة وراثية جعلها غير قادرة على تركيب الحمض الأميني الأرجينين الضروري لنموها في الوسط البسيط .

الموازنة بين الطفرات: إن عملية تركيب الأرجينين كما أوضحها علماء الكيمياء الحيوية تتم في الخلايا ابتداء من مواد أولية ثلاثية حسب الخطوات التالية :

مادة أولية (سابقة) 1. أورنيثين 2. سيترولين 3. أرجينين . الأورنيثين و السيترولين يدخلان في اصطناع الأرجينين كمانتين لتقاليين . فهل الطفرة عطلت اصطناع الأرجينين بخطواتها الثلاثة ، أم أنها عطلت خطوة واحدة منها فقط ؟

* للإجابة على هذه التساؤلات فقد قام بيديل وتاتوم بزرع الأبواغ الطافرة في ثلاث أنابيب تحتوي على الوسط البسيط ، إلا أنهما أضافا إلى الأنبوب الأول الحمض الأميني 'أورنيثين' و إلى الأنبوب الثاني الحمض الأميني 'سيترولين' و إلى الأنبوب الثالث الحمض الأميني 'أرجينين' .

الملاحظة: لاحظنا أن بعض الأبواغ الطافرة تنمو في وجود الأورنيثين ، و بعضها ينمو في وجود السيترولين أما في وجود الأرجينين فإن الأبواغ تنمو جميعها .

استدنا إلى هذه النتائج يمكن القول بأن الطفرة التي تسببها الأشعة السينية ليست متشابهة تكما في الجدول .

الطفرات	الوسط البسيط	المواد المضافة إلى الوسط البسيط			
		ميلاء سابقة	أورنيثين	سيترولين	أرجينين
الطفرات 1	-	-	+	+	+
الطفرات 2	-	-	-	+	+
الطفرات 3	-	-	-	-	+

إن كل مجموعة من الطفرات 1. 2. 3 توقفت في المراحل المشار إليها بالأرقام 1، 2، 3، فالمجموعة الأولى توقفت نشاطها الأترزيمي في المرحلة السابقة للأورنيثين في حين أنها طبيعية بالنسبة للمراحل التي تليها .

المجموعة الثانية توقفت نشاطها الأترزيمي في المرحلة الواقعة بين الأورنيثين و السيترولين و بقيت طبيعية قبلها وبعدها .

المجموعة الثالثة توقفت نشاطها الأترزيمي في المرحلة الأخيرة التي تقع قبل الأرجينين .

لقد سمحت هذه النتائج بوضع النظرية القائلة بأن : مورثة واحدة تتحكم بالترتيب واحد .

المورثة 1
المورثة 2
المورثة 3

أترزيم 1
أترزيم 2
أترزيم 3

مادة سابقة ← أورنيثين ← سيترولين ← أرجينين

طفرة مورثة من المورثات توقف التركيب بتعطيل تفاعل من التفاعلات الثلاثة لعدم تكون أترزيم خاص ضروري لمرحلة من مراحل تركيب الأرجينين .

النتيجة: لكل مورثة أترزيم واحد أي 'مورثة واحدة - أترزيم واحد' .

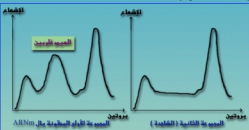
آلية عمل المورثة :

السؤال : ما هو العنصر الوسيط بين الرسالة النووية (ADN) و الرسالة البروتينية .

تجربة : نحقن مجموعتين من بيوض ضفدع أخضر في وسط يحوي أحماض أمينية ذات كربون مشع .

المجموعة الأولى : محقونة ب ARNm رسول معزول من هيولى خلية جذعية (خلية أصلية لكريات الدم الحمراء ، قادرة على صنع الهيموغلوبين) .

المجموعة الثانية : شاهدة غير محقونة ب ARNm رسول .



يمكن التعرف على البروتينات التي تتواجد داخل البيوض بعد ساعات من حقن ال ARNm الرسول بتتبع مصير الأحماض الأمينية . بعد عدة ساعات تفصل البروتينات الخلوية بالتسجيل اللوني ، ثم تفحص بالكشف الإشعاعي فكانت النتائج ممثلة في الوثيقة المرفقة .

فقرن بين المنحنين ماذا تستنتج ؟ من مقارنة المنحنيين فسي المجموعتين ، يتبين لنا أن بيوض

المجموعة الأولى هي القادرة على صنع الهيموغلوبين نتيجة حقنها ب ARN الرسول المستخلص من هيولى لخلايا الأصلية لكريات الدم الحمراء عكس المجموعة الشاهدة .

النتيجة : العنصر الوسيط بين الرسالة النووية و الرسالة البروتينية هو ARNm الرسول فهو عبارة عن رسالة من المورثة تحمل معلومات وراثية عن صنع البروتين إلى الهيولى .

مكان تشكل ال ARNm الرسول :

- تجربة :** * - نوضع خلايا الأمبيا في وسط مشع يحوي الفسفور P^{32} الذي يدخل في تركيب ال ARN .
- * - نستخلص النواة من خلية الأمبيا بواسطة ممصة دقيقة .
- * - نزرع النواة في خلية أمبيا نزعنا نواتها حديثا .
- * - نعامل الأمبيا بتقنية التصوير الإشعاعي الذاتي بعد 5 ساعات من الزرع ثم بعد 12 ساعة من الزرع .

الملاحظة : بعد 5 ساعات من الزرع الإشعاع يتركز في النواة فقط .

بعد 12 ساعة من الزرع الإشعاع يتركز على مستوى النواة و الهيولى .

التفسير : بما أن الإشعاع يتركز على مستوى ال ARN و ذلك حسب التجربة الأولى ، فيمكن القول أن ال ARN يتم شكله على مستوى النواة ثم ينتقل إلى الهيولى .

النتيجة : يلعب ال ARN دور الوسيط الكيميائي بين النواة و الهيولى ، إذ يعمل على نقل المعلومة الوراثية من ADN النواة إلى مستوى السيتوبلازم ويدعى بال ARN الرسول و يرمز له بالرمز ARN m .

* - يمكن دراسة أنواع ال ARN الهيولى لخلية حيوانية بوجود اليوردين المشع (نيكليوزيد اليوراسيل) بواسطة الطرد المركزي المتبوع بالرحلان الكهربائي

تمثل الوثيقتين 1 و 2 كمية ال ARN المستخلصة قبل و أثناء تشكيل البروتين .

* - الوثيقة 1 - تمثل مجموع ال ARN الهيولى أثناء تشكيل البروتين .

* - الوثيقة 2 - تمثل مجموع ال ARN الهيولى خارج فترة تشكيل البروتين ، أو بعد المعالجة بالفا أما نيتين (مضاد حيوي يمنع الاستساخ بواسطة ARN بوليمراز أي تثبيط) .

حيث 1. 2. 3- ARNt الناقل 4- ARNr الريبوزومي 5- ARNm الرسول .

إن وجود النواة 5 في الوثيقة 1 وعدم وجودها في الوثيقة 2 - التي تمثل ال ARNm الرسول يدل على أن ال ARNm الرسول يتشكل أثناء فترة تكوين البروتين .

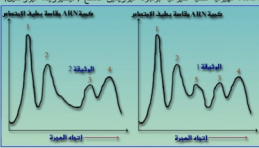
النتيجة : إن ال ARNm يتشكل أثناء فترة تشكيل البروتين .

* **تجربة :** عزلت من خلايا إنشائية لكريات الدم الحمراء العديد من الأجسام الريبية ، ال ARNm الرسول الذي يربط الجسيمات الريبية ثم يحقن في بويضة حيوان برماتي (الضفدع) عديمة النواة .

* **الملاحظة :** تشكل خضاب الدم Hb في البيض المحقون .

النتيجة : يعتبر ال ARNm الرسول الوسيط الذي ينقل النبا الوراثي من النواة إلى الهيولى أي وسيطا بين الرسالة النووية و الرسالة البروتينية . إن ال ARN الرسول يحمل معلومات وراثية .

النتيجة : الرسالة النووية و الرسالة البروتينية . إن ال ARN الرسول يحمل معلومات وراثية .



الشفرة الوراثية أو عاقله النكليوتيدات بالأحماض الأمينية :

كي تستواجد علاقة بين اللغة النووية واللغة البروتينية ، يجب أن تكون لكل كلمة نووية (القواعد الأرونية) معنى خاص بكلمة بروتينية (الأحماض الأمينية) و بما أنه يتواجد 20 حمض أميني ، و يجب أن تتواجد 20 كلمة نووية **السؤال** : ما هو عدد النكليوتيدات الموافقة للحمض الأميني الواحد ؟

الاحتمال الأول : أن كل نكليوتيد يعبر عن حمض أميني واحد $4^1 = 4$ و بما أن عدد النكليوتيدات (أنواعها) أربعة فهذا لا يكفي إلا للتعبير عن أربعة أحماض أمينية فقط . الاحتمال مرفوض .

الاحتمال الثاني : كل نكليوتيد يعبر عن حمض أميني واحد $4^2 = 16$ و هذا لا يكفي إلا للتعبير عن 16 حمض أميني فقط . الاحتمال مرفوض .

الاحتمال الثالث : كل ثلاث نكليوتيدات تعبر عن حمض أميني واحد $4^3 = 64$ و هذا يكفي إذا علمنا بأن هناك أكثر من ثلاثية تعبر عن حمض أميني واحد ، كما أن هناك ثلاثيات لا معنى لها .

النتيجة : لا يمكن أن يكون عدد القواعد الأرونية الموافقة لحمض أميني ما أقل من ثلاثة .

معنى الرموز : تمكن فريق من العلماء بقيادة مارشال نيرمبرغ (1961) من حل رموز الشفرات الوراثية وذلك باستنتاج نوع خاص من جزيئات الـ ARN و بعدها ترجمة المعلومة إلى سلسلة من الأحماض الأمينية .

* صنع سلسلة من ARN تحوي نوع واحد من النكليوتيدات و التي تحوي القاعدة اليوراسيل (U) ووضع الـ ARN المصطنع في أنبوب اختبار به الأحماض الأمينية العشرون ، و مستخلص سيتوبلازم خلوي به ريبوزومات و أنزيمات ، فتشكلت سلسلة من الأحماض الأمينية من نوع واحد من الأحماض هو الفينيل ألانين و بالتالي تم استخلاص معنى الرامزة (UUU) حيث أنها تمثل الحمض الأميني فينيل ألانين .

* بنفس الكيفية تم التعرف على معنى (codon) الرموز الـ 64 الممكنة .

		القاعدة الأرونية الثانية				
		U	C	A	G	
القاعدة الأرونية الأولى	U	Pho Phe Leu Leu	Ser Ser Ser Ser	Tyr Tyr non-sens non-sens	Cys Cys non-sens Tryp	U C A G
		فيلالانين	السيرين	تيرين	سيسثيونين يك معنى ال تريبتوفان	
		الليوسين		يك معنى		
	C	Leu Leu Leu Leu	Pro Pro Pro Pro	His His GluN GluN	Arg Arg Arg Arg	U C A G
		الليوسين	البرولين	هستيدين	أرجينين	
				الغلوتامين		
	A	Ileu Ileu Ileu Met	Thr Thr Thr Thr	AspN AspN Lys Lys	Ser Ser Arg Arg	U C A G
		إيزوليوسين	الثريونين	أسيانين	السيرين	
				الليسين	أرجينين	
	G	Val Val Val Val	Ala Ala Ala Ala	Asp Asp Glu Glu	Gly Gly Gly Gly	U C A G
		الفالين	الالانين	جور أسيانين جور الغلوتاميك	الجليسين	
Ala: alanine		Glu:Acide glutamique		Leu: leucine		Ser: sérine
Arg: arginine		Gly: glycine		Lys: lysine		Thr: thréonine
Asp:acide aspartique		His: histidine		Met: méthionine		Tryp:tryptophane
AspN: asparagine		Ileu: isoleucine		Phe:phénylalanine		Tyr: tyrosine
Cys: cystéine				Pro: proline		Val: valine

الجدول الموالي يوضح ثلاثيات الـ ARNm

و الأحماض الأمينية الموافقة لها . أغلبية الثلاثيات تكون شفرة لحمض أميني أو آخر و هذا يعني أنه يوجد عدد من الشفرات لحمض أميني واحد . تمثل الثلاثيات التالية (UAG, UAA,UGA)

ثلاثيات بلا معنى أي أنها لا تمثل و لا حمض أميني كما تمثل الثلاثية AUG حمض الميثيونين و هي الثلاثية الأولى في سلسلة الـ ARN الرسول . وجد

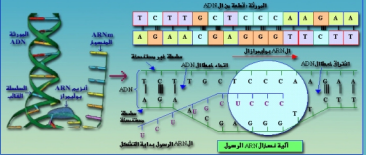
فيما بعد أن جميع الأنواع الحيوانية والنباتية تمتلك نفس الشفرات لتصنيع سلاسل ببتيدية أو بروتينية فالشفرة الوراثية أصبحت عالمية .

مخطط التعبير الوراثي:

أ. مخطط نمط التعبير الوراثي عند بدائيات الحياة: (البكتيريا).

* **التعليمات الوراثية:** المعلومات الوراثية موجود على جزيئة الـ ADN على شكل مورثة و تمثل جزء من الـ ADN مثل يتتابع معين للأسس الأزوتية.

1. **مرحلة النسخ:** المنسقة في تصنيع الـ ARNm الرسول انطلاقاً من سلسلة واحد فقط من الـ ADN و تكون سلسلة القواعد الأزوتية فيه مكملة لسلسلة الـ ADN المعبرة و تتطلب هذه المرحلة أنزيم الـ ARN بوليمراز و طاقة.



2. **مرحلة الترجمة:** تتمثل في تحويل الرسالة الـ ARNm الرسول إلى سلسلة ببتيدية وتتم على مستوى الأجسام الريبية المسؤولة عليها.

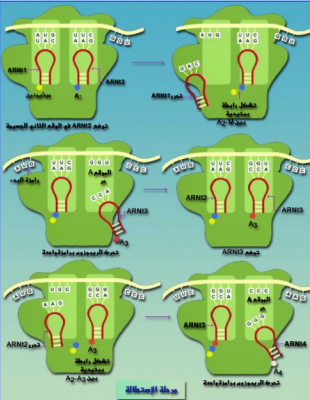
* إن دور الريبوزومات هو توجيه لمختلف الـ ARN t الناقل بالنسبة لـ الـ ARN m الرسول ووضعها بطريقة تمكن من القراءة الصحيحة للرسالة لكل ريبوزوم تجويفان (P) و (A) يمكن أن يستقر فيها جزيئتان من الـ ARN t و تشمل عملية تركيب البروتين ثلاث مراحل:

* **البداية:** تبدأ دائماً تركيب البروتينات بنفس الحمض الأميني وهو الميثيونين، حيث يجتمع هذا الحمض الأميني



ب الـ ARN t الخاص به الذي يسمى الـ ARN t المبتدئ، يرتبط هذا الـ ARN t بوحدة ريبوزومية صغيرة التي تحمل مسبقاً الـ ARN m يبدأ كل الـ ARNm بالرزمة AUG والتي تُدخل على بداية الرسالة تنتهي عملية البداية هذه بالتحاق الوحدة الريبوزومية الكبيرة فيصبح الريبوزوم وظيفياً.

* **الاستطالة:** يأتي الـ ARN t ثلث حامل لحمض أميني معين فيأخذ مكانه فوق الريبوزوم مقابل الرزمة الثانية التي توجد على الـ ARNm بحيث يكون هناك تكامل بين القواعد الأزوتية للرزمة (ARNm) والرزمة المقابلة (ARN t).



يرتبط الحمض الأمينيان فيما بينهما برابطة ببتيدية. تتكرر الرابطة بين الميثيونين و الـ ARN t المبتدئ فيغادر هذا الأخير الريبوزوم تاركا الموقع P فارغاً و يتحرك الريبوزوم برامضة واحدة فيصبح الـ ARN t الحامل للحمض الأميني الثاني في الموقع P و يأتي الـ ARN t ثالث محملاً بحمضه. تتكامل أزمته المقابلة مع الرزمة الجديدة الموجودة في الموقع A. الحمض الأميني الثالث بالحمض الأميني الثاني الرابطة ببتيدية.

مشكلة ثلاثي الببتيد و هكذا دوليك تتكون السلسلة عديدة الببتيد. أثناء عملية الاستطالة تنقسم الرابطة الببتيدية بين الميثيونين و الحمض الأميني الموالي الموجودين في رأس السلسلة و الذي يصبح في رأس السلسلة.

* **النهاية:** عند وصول الموقع A إلى الرزمة قف (UAG, UAA, UGA) يتوقف إدماج الأحماض الأمينية.



تتطلب مرحلة ترجمة الـ ARN t المتخصصة في التقاط ونقل وتقديم الحموض الأمينية الموافقة لها إلى الجسيمات الريبية بعد تنشيطها. أنزيمات منشطة للحموض الأمينية و ATP محررة للطاقة اللازمة للتنشيط.

تفسير الطفرة الوراثية على المستوى الخلوي :

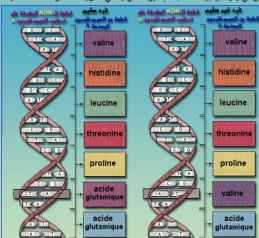
منذ بداية القرن الماضي ، لاحظ العالم مورغان خلال تجاربه على ذبابات الفل ظهور غير متوقع لمجموعة من الأفراد تحمل صفات جديدة ، تختلف عن الصفات العادية للتعويض أو إن سبب هذه التغيرات الشكائية (الظاهرية) يرجع إلى تغيرات فجائية على المورثات ، تدعى بالمطفرات الوراثية و من ثم فإن هذه الصفات الجديدة تصحح وراثية . و لقد تمكن العالم مولر (تلميذ مورغان) من إحداث طفرات وراثية ، نتيجة معاملة كائنات تجريبية بالإشعاع السيني (1927-1928) .

* إن الطفرات التي يمكن إحداها على الكائنات الحية عن طريق المعاملة بمسببات الطفرات الوراثية مثل الإشعاع بأنواعها، تأثير كلان على آخر (فيروس - كيكيريا) متوقعة تتسبب إما في

حذف أو إضافة أو استبدال قاعدة لزوجية أو أكثر من مورثة ما .

مثال : انطلاقاً من مقارنة خضاب الدم العادي بخضاب الدم غير عادي في حالة دريانو سيتوز كما في الوثيقة :

* **ملاحظة:** الذرير ينام سيقون مرضى ورثتي يعود لوجود خضاب دم غير عادي يعطي للكريات الحمراء شكلا هائليا.



تطيل الوثيقة: الفرق بين
 جزيئة خضاب الدم العادي و
 خضاب الدم الغير عادي ، يتمثل
 في استبدال الحمض الأميني رقم
 6 "غلوتاميك" في خضاب الدم
 العادي بـ بالحمض الأميني
 "فالين" في خضاب الدم الغير
 عادي .

التفسير: المصداق الوراثي

مرض التريبانوسيتوز هو تغيير لقاعدة A في المورثة المسؤولة عن بناء الحمض الأميني "غلوتاميك" في خضاب الدم العادي بالقاعدة T في المورثة المسؤولة عن بناء الحمض الأميني "فالين" في خضاب الدم الغير عادي .

النتيجة: تتمثل الطفرة الوراثية في تبديل موضع القواعد

التنظيم الوراثي :

تتوفر خلايا الجسم على نفس الذخيرة الوراثية لأنها من نفس البويضة المخصبة ، غير أنها تطورت بطرق مختلفة خلال تكوين الجنين ، فتشكلت أنسجة مختلفة .

السؤال: لماذا لا تتركب خلايا الكبد نفس الأenzيمات التي تتركبها خلايا البنكرياس رغم أن لويتهما تحتوي على نفس الـ ADN .

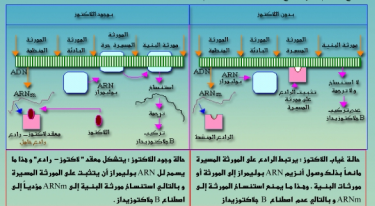
إن الطابع النووي لا يعبر عنه في كل خلية بصورة شاملة حيث تترجم بعض المورثات و تبقى أخرى مكبوة حيث توجد في الخلية أبات لا تسمح إلا بتعبير المورثات التي تستجيب لحاجيات الخلية .

*** الوحدة الوظيفية الوراثية:** هي مجموع المورثات التي تتحكم في سلسلة التفاعلات الاستقلابية المسؤولة عن نمط ظاهري معين ، تعمل هذه المورثات بكيفية منظمة تحت إشراف منسق لمورثة صلبية و مانع . عند البكتريا و الفيروسات يلاحظ أن المورثات المكونة لوحدة وظيفية غالبا ما تكون مجتمعة في منطقة معينة من الصبغي عكس حقيقيات النواة حيث تكون مشتتة .

*** نشاط الوحدة الوظيفية:** (لاكتوز) عند بكتريا E.Coli لا يمكن لهذه البكتريا استعمال اللاكتوز كمصدر للطاقة إلا بعد تحليله بالماء إلى كل من الغلوكوز و غالاكتوز ، تتدخل ثلاث أنزيمات هي :

الغالاكتوزيداز ، البيرمياز ، الترانساستاز .

تجربة مونديو و جاكوب 1961 : تمكن العالمان من إظهار أن تعبير مجموعة مورثات البنية التي تشرف على اصطناع الأنزيم الذي يسمح باستعمال اللاكتوز منظم عن طريق ثلاث أجزاء من لب ADN .



*** المورثة المنظمة :** تعتبر هذه المورثة مسؤولة عن تركيب بروتين يسمى الرادع يمكنه التثبيت على المورثة المسيرة للعمل .

*** المورثة المانعة :** جزء من الـ ADN لين يثبتت حتماً ARN بوليمراز (أنزيم) قبل استنساخ مورثة البنية

*** المورثة المسيرة :** سلسلة قصيرة من الـ ADN (21 زوج من القواعد الأزوتية) تحلّي المورثة المانعة و تجاوز مورثة البنية و تعتبر المنطقة لين يثبتت الرادع مانعاً وصول أنزيم ARN بوليمراز إلى مورثة البنية .

النتيجة: تخضع مورثات البنية المركبة للأنزيمات في عملها المورثات المراقبة التي تتأثر بدورها بالمواد المحرّضة

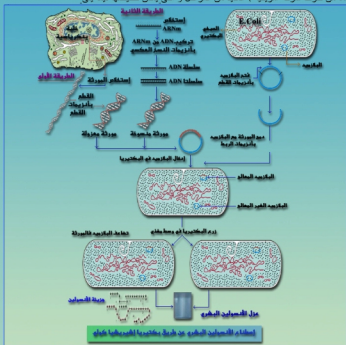
اصطناع الأنسولين البشري عن طريق بكتيريا E. Coli .

الأنسولين : هرمون القصور السكري يفرزه البنكرياس وهو يستخلص بطرق صناعية من معكثة الثيران والخيول

الأنسولين متعدد ببتيد يتكون من 51 حمضا أمينيا موزعة على هيئة سلسلتين متصلتين بجسور ثنائية الكبريت .
أما المورثة التي تشرف على تركيب الأنسولين فهي معروفة و لقد تم التوصل إلى عزلها بدءا من الخلايا ، كما أصبح من الممكن تصنيع هذه المورثة نفسها .

* إدخال مورثة الأنسولين إلى خلية E. Coli . أو مبدأ الهندسة الوراثية .

يمثل مبدأ الهندسة الوراثية في زرع مورثة ما من نوع معين من الكائنات الحية ضمن نوع آخر ليس لهما قدرة تبادل المورثات في الظروف الطبيعية . يتطلب إنتاج الأنسولين البشري بطريقة التصنيع الحيوي (تم إنجاز ذلك 1978 من طرف شركة أمريكية) العديد من المراحل و التي يمكن تلخيصها فيما يلي :

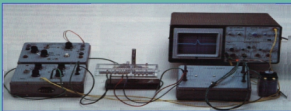


- اصطناع كيميائي للمورثتين (قطعيتين من ADN) الأولى مسؤولة على اصطناع السلسلة - أ - للأنسولين و الثانية مسؤولة على اصطناع السلسلة - ب - للأنسولين ، كما يمكن استخلاص المورثتين من النسيج البنكرياسي للإنسان .
- استخلاص بعض بلازميدات بكتريا من نوع E. Coli بحيث تكون عليها مورثات تعطي إشارات لتصنيع أنزيم خاص هو التريبينوفان سنتيتاز .
- يعامل البلازميد بالأنزيم الأندونوكلياز ، فيقوم بفتح الحلقة البلازميدية في الموضع الذي تتواجد فيه مورثة تريبتوفان سنتيتاز .
- يتم في موضع المورثة المذكورة إدماج المورثة الاصطناعية الأولى أو الثانية المتعلقة بإشارات تصنيع سلسلتي الأنسولين الأولى أو الثانية حسب الحالة ، وبهذه الطريقة يتم الحصول على مورثتين هجئيتين .
 - * مورثة " التريبينوفان سنتيتاز " سلسلة - أ - للأنسولين .
 - * مورثة " التريبينوفان سنتيتاز " سلسلة - ب - للأنسولين .
- تقوم المورثات الهجينة المحمولة أو المزروعة بإصدار إشارات تعبير وراثي تؤدي إلى إنتاج بروتينات محددة و بهذه الكيفية تصبح بكتريا E. Coli معدة و موجهة لصناعة مادة لم يكن يوسعها إن نتجها من قبل في الحالات العادية و هما السلسلتان أ و ب للأنسولين .
- بتقنيات خاصة يتم عزل سلاسل الأنسولين المصطنعة من الخلايا البكتيرية ، ثم بتقنيات خاصة يتم الربط بين السلسلتان أ و ب و بالتالي يتم الحصول على جزيئات الأنسولين البشري .

الفبا العصري :

يتميز النبأ العصبي بكونه سريعاً واختيارياً ، يرسل بشكل إشارات كهربائية و هي ظاهرة عضائية بحثة و تكون بشكل موجة زوال استقطاب (موجة سالبة) تنتقل عبر الليف العصبي ، إذ ترافق السيالة العصبية تغيرات كهربائية و تغيرات كيميائية .

أ. الظواهر الكهربائية لسببالة العصبية :



* تسجيل الطلقات

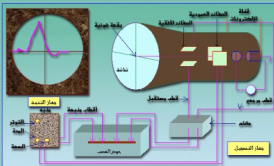
الكهربائية للسيارة

الغصبية :

تمتاز الطواهر
الكهربائية المتعلقة
بانتقال السائلة
العصبية بأنها صغيرة
السعة وأقصى المدى
لذا لابد من تكبيرها

و لهذا يستعمل لتسجيلها جهاز خاص و هو مسجل الذبذبات المحيطية (الأوسيلوسكوب) .

*. جهاز الأوسيلوسكوب:



يتكون من مسيرين
مستقلين ، معظم لتكبير
الخطأ الكهربية .

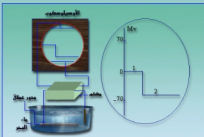
* وسيلة التدريس :

التيار الكهربائي المستمر حيث يمكن التحكم في شدته ومدته .

● 2009 年 10 月 1 日起

العصب أو الليف العصبي
يحتوي مساري (استقبال
تنبه) المسافة بين مسرى
والآخر ثابتة = 1 مم .

*.جهاز الأسبلاوسكوب الذي يتكون من :



منبع أو رشاش إلكتروني ، زوج من الصفائح المعدنية إحداهما صلبة و الثانية لينة ، شاشة مستشعرة تسقط عليها الإلكترونات .

*. يوجد كل العناصر السابقة داخل أنبوبة الأشعة المبطنة التي يجب أن تكون فارغة من الهواء لكي لا تعرقل سير الإلكترونات .

مبدأ عمل الجهاز : بالنسبة لزوج الصفائح العمودية : زوج عمودي للانحراف الأفقي حسب الزمن حيث يتصلان بالجهاز يكسب إحدى

اللوحيتين شحنة موجبة بالتناوب و بما أن شحنة الإلكترونات سالبة وتمر بين هاتين اللوحيتين لذا الشاشة المستشعرة خطأ ألفيا (مصحح ألفا) في مستو

* بالنسبة لزوج الصفائح الأفقية : زوج لقي ثلاث
نظيف بوصالان بالعصب لقياس فرق الكمون .

إذا كانت شحنة اللوحين متماثلتين (لفرق الكمون \pm) كانت شحنة اللوحة السفلية موجبة فقط فالإلكترونات تهاجم كما في الحالة 2 .

النتيجة:

العمدة يشترط : يتحقق في هذه النقطة نحو الأصل : أنه نحو الأسفل حسب نوعية شحنة الصفحات الأربعة :

*** شروط التنبيه الفعال :** بواسطة جهاز التسجيل السابق يمكن أن نحقق التجارب التالية :

* نحدد شدة المنبه ثم نعمل على تغيير مدته عدة مرات : نلاحظ أن بعض التنبيهات فعالة وأخرى غير فعالة نعيد نفس العملية بالنسبة لقيم مختلفة لشدة المنبه .

0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4
زمن التنبيه بالملح ثانية							
3.3	2	1.5	1.2	1.1	1	1	1
شدة المنبه بالملح فولط							

* **نحدد مدة التنبيه :** ثم نعمل على تغيير

شدته عدة مرات : نلاحظ أن بعض

التنبيهات فعالة و أخرى غير فعالة نعيد نفس

العملية بالنسبة لقيم أخرى لمدة التنبيه . فحصلنا على النتائج التالية :

يمكن من هذا الجدول رسم المنحنى الموالي الذي يمثل العلاقة بين زمن التنبيه و شدة التنبيه :

يفصل المنحنى بين منطقتين : منطقة التنبيهات الفعالة و منطقة التنبيهات الغير فعالة .

* لا يحدث التنبيه مهما كانت شدة المنبه إذا قلت مدته عن مدة

الاستغلا الصغرى أ . ب

* لا يحدث التنبيه مهما طالت مدته إذا قلت شدته عن شدة

الريوباز (عتبة التنبيه) .

شروط التنبيه الفعال :

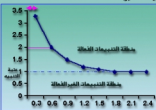
1 - تغيير شدة المنبه تغييرا مفاجئا

2 - أن لا تقل شدة المنبه عن قيمة دنيا (عتبة التنبيه) .

3 - أن يستمر التنبيه لفترة زمنية معينة (الزمن المجدي) .

الفتيجة : تنتج السيالة العصبية عن التنبيه الذي تكون فيه شدته

و مدة تطبيقه تفوق قيمة دنيا .



*. كيمون الراحة وكيمون العمل :

لدراسة الظواهر الكهربائية المرافقة للسيلة العصبية يستعمل التركيب التجريبي الموضح في الشكل التالي :

1. حالة الليف العصبي خلال الراحة : كيمون لراحة .

*. **تجربة :** نغمس محورا أسطوانيا عملاقا للكالمار في حوض به ماء البحر ، ثم نقوم بالتسجيلات التالية :

*. عند وضع مسريي الاستقبال (م1 . م2) فوق سطح المحور فإننا نحصل على التسجيل (1) .

*. أما عند ما نضع المسري (م1) داخل المحور أو داخل ليف العصبى و المسري المرجعي (م2) على السطح أو في ماء البحر فإننا نحصل على التسجيل 2 .

تحليل التسجيلات :

في التسجيل 1 : تتحرك النقطة الضوئية أفقيا في مستوى الصفر على فولط ، مما يدل على أن لجميع نقاط سطح الليف العصبي نفس الكيمون (نفس الشحنات)

في التسجيل 2 : فإن النقطة الضوئية تنزل إلى قيمة سالبة - 70 ملي فولط و هذا يدل على أن هناك فرقا في الكيمون بين سطح الليف العصبي وداخله وهو ما يعرف بكمون الراحة .

2. كيمون العمل :

أ. الحصول على منحنى أحادي الطور :

تجربة : نفس التجربة السابقة كما في التسجيل (2) ثم نحدث تنبيهها كهربائيا فعلا بواسطة مسريي التنبيه .

الملاحظة : ترسم النقطة الضوئية على الشاشة منحنى كيمون عمل أحادي الطور كما في الوثي يتغير فجأة كيمون الناحية الداخلية من - 70 ملي فولط إلى + 40 ملي فولط .

التفسير : يمكن

تجزئة التسجيل إلى أربعة مراحل :

1. الزمن الضائع : قصير جدا ناتج عن انتشار التيار داخل ليف .

2. الجزء الصاعد أو فترة زوال الاستقطاب : ينعكس فجأة الاستقطاب الكهربائي لليف العصبي فيصبح المقطع الداخلي مشحونا بالموجب مقارنة مع السطح الخارجي .

3. الجزء النزول أو فترة استرجاع الاستقطاب : وهي فترة العودة إلى الاستقطاب الأول ، يعود الاستقطاب بظهور الوسط الداخلي من جديد مشحونا بالسالب مقارنة مع السطح .

*. تتبع مرحلة استرجاع الاستقطاب بفترة تقابل الإفراط في الاستقطاب ، أي يصبح الوسط الداخلي مشحونا أكثر بالسالب مقارنة مع الوسط الخارجي .

4. استقطاب عادي .

ب. منحنى عمل ثنائي الطور :

تجربة : نعيد نفس التركيب التجريبي السابق لكن بوضع المسريين (م1 . م2) على سطح ليف العصبي أو بداخله .

الملاحظة : ترسم النقطة الضوئية على الشاشة منحنى عمل ثنائي الطور كما في الشكل التالي :

*. يظهر كيمون العمل الناتج بعد التنبيه على شكل منحنى ذو طورين ، موجة زوال الاستقطاب الناتجة تنثني أولا مع المسري المستقبل الأول ثم مع الثاني .

التفسير : يمكن تجزئة المنحنى إلى ما يلي :

1. تغير الكيمون الملاحظ في 1 ناتج عن المنبه ، إنها زائدة التنبيه .

2. غياب فرق الكيمون بين (1 . 2) يظهر أن الليف العصبي لا يستجيب بعد ، إنه الزمن الضائع .

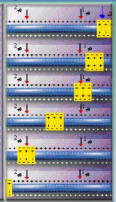
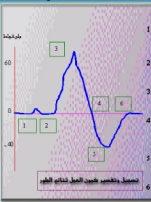
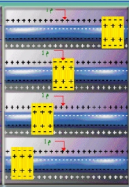
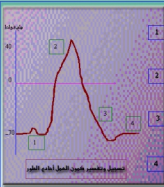
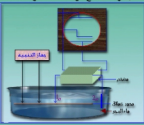
3. يفسر الجزء (2 . 3) بانحراف البقعة الضوئية نحو الأعلى و هذا يدل على أن المسري المستقبل م1 أصبح سالبا مقارنة مع المسري م2 الذي سبق موجب .

4. عودة البقعة الضوئية إلى المستوى الصفر (4) يفسر بعدم وجود فرق كيمون بين المسريين م1 . م2 أي أنه تم استرجاع الاستقطاب على مستوى المسري م1 .

5. يفسر الجزء (4 . 5) بانحراف البقعة الضوئية نحو الأسفل و هذا يدل على أن المسري م2 أصبح سالبا

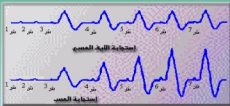
مقارنة مع المسري م1 الذي يبقى موجب .

6. عودة البقعة الضوئية من جديد إلى المستوى الصفر (6) يفسر بعدم وجود فرق كيمون بين المسريين م1 . م2 أي أنه تم استرجاع الاستقطاب على مستوى المسري م2 . أي مرور السيلة العصبية بعيدا عن المسريين .



*. قانون الكل أو لا شيء :

تجربتين مدمج: ننتبه عصب معزول وعصبون معزول باستعمال ثيار كهربائي بشدات متزايدة (من ش 1 إلى ش 7)



فتحصل على مستوى جهاز رسم التذبذبات المهيطة على المنحنيات الممتدة في الشكل التالي :

*. ما هي المعلومات التي يمكنك استخراجها من تحليل كل سلسلة من منحنيات التسجيلين ؟

*. ما هو الاختلاف الرئيسي الملاحظ بين استجابة العصب استجابة العصبون (الليف العصبي) ؟

أ . الليف العصبي : * تغيرات شدة التنبية :

باستعمال شدات مساوية إلى ش 1 و ش 2 لا نلاحظ سوى زيادة التنبية ، فالليف العصبي لا يستجيب ، إنها شدات أقل من شدة العتبة .

تقابل الشدة ش 3 الشدة الدنيا للتنبية الناجع . إنها عتبة تنبيه العصبون أو شدة الريويتر . تبقى كمونات العمل ثابتة .

السعة بالرغم من استعمال شدات متزايدة من ش 4 إلى ش 7 . إنه قانون الكل أو لا شيء .

ب. العصب :

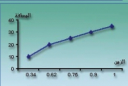
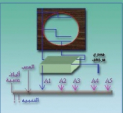
ش 1 و ش 2 أقل من شدة العتبة زائدة التنبية فقط . بعدها كلما زادت شدة التنبية زاد عدد الألياف العصبية المستجيبة مما يؤدي إلى زيادة سعة الاستجابة حتى نحصل على حد تستجيب فيه كل الألياف العصبية المكونة للعصب . بعدها مهما زادت شدة التنبية تبقى السعة ثابتة .

النتيجة : ترتبط شدة الاستجابة في العصب بشدة التنبية . تكون استجابة الليف العصبي (العصبون) المعزول سعة ثابتة و أعظمية . وهذا ما يعرف بقانون الكل أو لا شيء .

* سرعة السيالة العصبية و العوامل المؤثرة فيها

لدراسة سرعة انتشار السيالة العصبية قمنا بإجراء التجربة التالية تحدث تنبيهاً فعالاً في النقطة S على عصب و نقوم بتسجيل انتقال السيالة العصبية في النقاط A1 و A2 و A3 و A4 و A5 و النتائج مسجلة في الجدول الموالي:

أ5	أ4	أ3	أ2	أ1	بعض سرعة الانتعاب A عن سرعة التنبيه ب
35	30	25	20	10	
1.09	0.93	0.775	0.62	0.31	الزمن الذي تستغرقه السيالة العصبية من سرعة تنبيه إلى سرعة استئصال بالملي ثانية



1- مثل بيانياً تغيير المسافة بدلالة الزمن .

2- ماذا يمكنك استخلاصه من تحليل هذا المنحنى ؟

3- احسب سرعة السيالة العصبية في هذا العصب .

الإجابة : 1- رسم المنحنى

2- نلاحظ أن الزيادة في المسافة تقابلها الزيادة في الزمن (تناسب طردي)

سرعة السيالة العصبية ثابتة بالإسقاط .

3 . من المنحنى فإن سرعة السيالة العصبية = ظل الزاوية .

أو $\frac{\Delta \text{س}}{\Delta \text{ز}} = \frac{25 \text{ م}}{0.75 \text{ مل ثانية}} = 33.33 \text{ م / ث}$

النتيجة : سرعة السيالة العصبية في الليف العصبي الواحد ثابتة .

العوامل المؤثرة على سرعة السيالة العصبية : يلخص الجدول التالي التجارب التي أجريت على ألياف مختلفة:

رقم	الشروط التجريبية	سرعة السيالة العصبية
1	نضع ليف عديم النخاعين في وسط فيزيولوجي درجة حرارته 20°م ثم نحدث فيه تنبيهاً فعالاً .	1.04 م / ثا
2	نضع ليف السابق في وسط فيزيولوجي حرارته 15°م التوالى 15 م ثم 36°م ثم نحدث تنبيهاً فعالاً .	عند 15°م = 0.52 م / ثا عند 36°م = 2 م / ثا
3	نضع ليف عديم النخاعين في وسط فيزيولوجي حرارته 20°م يحتوي على الكوكائين (مادة مخدرة) ثم نحدث تنبيه فعال .	السرعة = صفر
4	نعيد التجربة السابقة . 1 . نستبدل الليف عديم النخاعين بليف ذات نخاعين الذي له نفس القطر .	46.8 م / ثا
5	نضع ليفان نخاعيان في وسط فيزيولوجي درجة حرارته 20°م يختلفان في القطر . الأول 20 ميكرو متر و الثاني 10 ميكرو متر	الأول = 46.8 م / ثا الثاني = 20 م / ثا

* محل هذه التجارب والنتائج المحصل عليها .

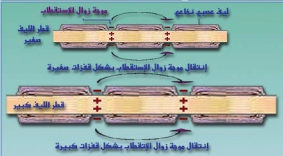
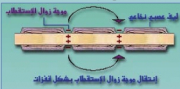
* ماذا يمكنك استخلاصه بخصوص انتقال السيالة العصبية ؟

تحليل التجارب :

* من التجريبتين 1 و 2 : نلاحظ أن سرعة السيالة العصبية تزداد بزيادة درجة الحرارة . إن الحرارة تؤثر على سرعة السيالة العصبية .

* من التجربة 3 : نلاحظ أن المادة المخدرة تعيق انتقال السيالة العصبية - إن فهي تتأثر بالمواد المخدرة

* من التجربة 4 : نلاحظ أن لزيادة السرعة السيالة العصبية يتعلق بنوع الليف العصبي حيث تكون سرعة في الألياف النخاعية لأنها تنتقل على شكل قفزات أو وثبات من اختناق رافير إلى اختناق رافير آخر، عكس الألياف العصبية عديمة النخاعين التي تكون على شكل تيارات محلية تنتقل من نقطة إلى أخرى .



* من التجربة 5 : نلاحظ أن سرعة السيالة العصبية تكون كبيرة في الألياف السميكة . لأن المسافة بين اختناق رافير و آخر موالي في الألياف السميكة تكون كبيرة .

النتائج : من 1 و 2 : السيالة العصبية ظاهرة كيميائية لأنها تتأثر بتغيرات درجات الحرارة .

من 3 : السيالة العصبية ظاهرة حيوية (بيولوجية) .

من 4 : السيالة العصبية تزداد سرعتها في الألياف السميكة .

الاستخلاص : إن السيالة العصبية ظاهرة بيوكيميائية (كيميائية حيوية) . هناك عوامل أخرى تؤثر في انتقال السيالة العصبية مثل : وجود الغلوكون ، المواد المنشطة ، وجود الأوكسجين .

*. الظواهر الكيمائية المرافقة للسيالة المحببة أثناء كمون الراحة و العمل .

التجربة 1: نغمر المحور الأسطوانى للكالما في ماء البحر الذي له تركيب شاردي مقارب لدم الكالما بعد معايرة

الشارة	التركيز 10^{-4} مول / لتر	
	مياه البحر	ماء البحر
K^+	400	10
Na^+	50	460

شارديتي K^+ و Na^+ في كل من ماء البحر و سيتوبلازم المحور . فحصلنا على النتائج التالية .

التجربة 2: نضف إلى ماء البحر الصوديوم المشع فسرعان ما نلاحظ أن سيتوبلازم المحور أصبح مشعا فحين لا نسل أي تغير في التراكيز الشاردي لكل من ماء البحر و سيتوبلازم المحور الأسطوانى .

التجربة 3: نغمر محورا ثانيا و شعا في وسط له نفس

تركيب ماء البحر و لكن مجرد من البوتاسيوم فلاحظ أن تركيز الصوديوم المشع داخل المحور يبقى ثابتا .
* . يعود هذا التركيز إلى قيمته الأصلية عند غمر هذا المحور مرة ثانية في وسط طبيعي .

التجربة 4 : نضيف مادة السياتور إلى ماء البحر الذي غمر فيه المحور المشع بالصوديوم ، ثم نحقق داخل هذا المحور كميات متغيرة من ATP (مادة السياتور توقف عملية الفسفرة التأكسدية) . يمثل المنحنى الموالي النتائج المحصل عليها .

تحليل و تفسير التجارب السابقة :

التجربة 1: توزع شارديتي Na^+ و K^+ غير متماثل خارج و داخل المحور حيث :
* . تركيز ال Na^+ في الخارج أكبر من الداخل
* . تركيز ال K^+ في الداخل أكبر من الخارج بأربعون مرة .

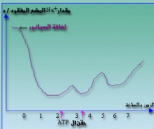
يرجع ذلك لخاصية غشاء المحور ← نفاذية انتقائية .

التجربة 2: كون المحور أصبح مشعا ← نفاذية Na^+ إلى الداخل عدم تغير في التراكيز الشاردي يدل على طر حال Na^+ إلى الخارج (مضخة الصوديوم) .

التجربة 3: خروج الصوديوم مرتبط بوجود K^+ في الوسط الخارجي .

التجربة 4 : إضافة مادة السياتور يؤدي إلى انخفاض سريع لخروج ال Na^+ .

- * . حقن ال ATP ← ضخ ال Na^+ إلى الخارج .
- * . نسبة حركة Na^+ مرتبطة بكمية ال ATP المتوفرة .
- * . ضخ Na^+ يتطلب طاقة إنه لنقل الفعال المزدوج .

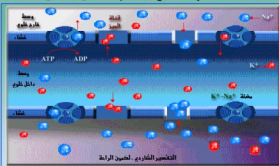


التفسير الشاردي لكميون الراحة :

يرجع كمون الراحة إلى التوزيع الغير متساوي لشوارد على جانبي غشاء الخلية العصبي ، و بسبب هذا الاختلاف في التركيز بين الوسط الخارج خلوي و الوسط الداخل خلوي ، فإن شوارد K^+ تميز من الداخل باتجاه الخارج (خارج الخلية) ، في حين أن شوارد Na^+ تميز فباتجاه الهيولى الخلوية .

يستواجد على مستوى الغشاء الخلوي نوعين من البروتينات الغشائية التي تعمل على نقل الشوارد عبره كما يبينه الشكل التالي .

* قنوات الميز تسمح بانتقال الشوار (Na^+ ، K^+) في اتجاه تدرج التركيز أي من الأعلى تركيز إلى الأقل تركيز



علما أن هذه القنوات تسمح بخروج عدد من شوارد K^+ أكبر من العدد الداخل من شوارد Na^+ ، وهذا ما يجعل الوسط الداخلي للخلية كهروسلي مقارنة مع الوسط الخارجي .

* مضخة صوديوم-بوتاسيوم تعمل على الحفاظ على التوزيع الغير متساوي للشوارد على جانبي الغشاء ، حيث تمتلك هذه المضخة

(البروتين الغشائي) القدرة على إضاعة ال ATP و إستغلال الطاقة المتحررة في نقل الشوارد السابقة الذكر عكس تدرج التركيز تعمل المضخة على إخراج كل شاردة من Na^+ دخلت عبر ظاهرة الميز ، و على إدخال كل شاردة K^+ خرجت بظاهرة الميز .

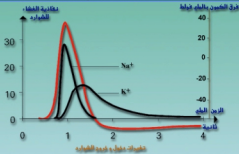
*. العلاقة بين كمون العمل و حركة الأيونات عبر الغشاء:

أصبح من الممكن إجراء تحليل للتغيرات المتعلقة ببنفاذية الغشاء للشوارد و التي ترافق كمون العمل ، بفضل تجارب العلماء (هودكين ، باكر ، ستارك) و الذين إستعملوا المحور الأسطواني العملاق للكارمار .

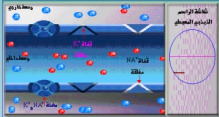
يظهر الشكل المقابل العلاقة الموجودة بين كمون العمل و التغيرات المحلية لبنفاذية الغشاء البيولوجي للمحور الأسطواني للكارمار بالنسبة لشاردتي الصوديوم Na^+ و البوتاسيوم K^+ .

Na^+ إن حركة هاتين الشاردين تستدعي تغطيين آخرين من

القنوات بروتينية الخاصة بأيوني K^+ و Na^+ و التي تتواجد هي أيضا على مستوى الغشاء البيولوجي للليف العصبي و هي قنوات مسؤولة على كمون العمل تكون مغلقة خلال الراحة . تدعى هذه القنوات البروتينية بالقنوات المرتبطة بالفولطية كون أن انفتاحها و انغلاقها السريع جدا (أقل من ملي ثانية) يتوقف على استقطاب الغشاء .علما أن هذه القنوات تكون مغلقة خلال الراحة.



تغيرات محلية و فرق الشحون



*. التفسير الشاردي لمكونات العمل :

• عند وصول موجة زوال الاستقطاب إلى نقطة معينة على طول المحور الأسطواني للليف العصبي، نلاحظ أولاً دخول سريع لأيونات الصوديوم Na^+ نتيجة انفتاح قنواتها التي كانت من قبل مغلقة وهذا ما يؤدي إلى زوال الاستقطاب للليف العصبي كما هو موضح في الشكل المقابل ، حيث تظهر شوارد الـ Na^+ باللون الأزرق .

• يظهر جهاز التسجيل صعود النقطة الضوئية من المستوى - 70 ملي فولت إلى المستوى + 40 ملي فولت .

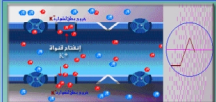
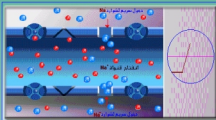
• تتغلق فيما بعد قنوات Na^+ وتصبح غير نشطة فتفتح قنوات K^+ ، مما يؤدي إلى خروج معبر لأيونات K^+ الأمر الذي يسمح باسترجاع الاستقطاب .

• يظهر جهاز التسجيل نزول (عودة) النقطة الضوئية إلى المستوى - 70 ملي فولت

• تتابع هذه المرحلة بمرحلة إقراط في الاستقطاب ناتجة عن خروج عدد إضافي من شوارد K^+ أكثر من العدد المطلوب لاسترجاع الاستقطاب .

• عند إغلاق قنوات K^+ يصبح الاستقطاب عادي ، لكن التوزيع الأيوني يبقى غير عادي (زيادة شوارد Na^+ في الداخل و نقصان شوارد K^+ في الداخل)

• تتشغل أكثر مضخة Na^+ و K^+ مما يؤدي إلى استعادة التوزيع الأيوني العادي بعد مدة زمنية تقدر بالميلي ثانية .



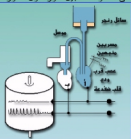
* مفهوم الوسيط الكيميائي :

تجربة العالم لوي 1921: تم إكتشاف كيفية انتقال السيالة العصبية في المشبك العصبية من قبل العالم لوي حيث أجرى تجاربه على قلب ضفدع .

تجربة 1: قام لوي بعزل قلبي ضفدعتين أ و ب عن جسميهما و أبقى أعصابهما متصلة بهما ، محققا بذلك مفدي يجاز القلب أ ، و منه إلى القلب ب ، للإبقاء على نبضهما الذي يسجل على أسطوانة تسجل تدور حول محور .

- * نلاحظ كهربائيا العصب الزنوي المعدي (قرب ودي) للقلب أ .

الملاحظة: انخفاض في تقلصات القلب أ ، يتبعها القلب ب بالانخفاض .



التفسير: السائل الفيزيولوجي المنقول من القلب أ إلى القلب ب يحوي مادة حررت على مستوى المشبك العصبي العضلي للقلب أ فأحدثت تباطؤا لألياف عضلة القلب ب بعدما أحدثت نفس التأثير في القلب أ .

تجربة 2: نعيد التجربة الأولى بتبنيه العصب الودي المستقيم للقلب أ .

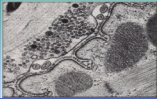
الملاحظة : زيادة في نبضات القلب أ ، ثم يتبعها القلب ب بالزيادة .

التفسير : عند تبنيه الألياف العصبية للقلب أ تحررت مادة على مستوى المشبك زادت في نبضاته وانتقلت مع السائل الفيزيولوجي إلى القلب ب و أثرت فيه بنفس التأثير .

النتيجة : يتم انتقال السيالة العصبية في المشبك عن طريق وسيط كيميائي .

تعريف الوسيط الكيميائي: مادة تحرر من النهاية العصبية في الفراغ المشبكي تولد كمون عمل بعد مشبكي .

• بنية المشبك :



تظهر الملاحظة عن طريق المجهر الإلكتروني لقطع رفيع جدا على مستوى المشبك العصبي - العضلي ، البنية الممثلة في الوثيقة التالية :

يتكون المشبك من :

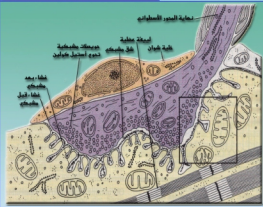
1. عنصر قبل مشبكي عبارة عن نهاية محورية.
2. عنصر بعد مشبكي عبارة عن ألياف عضلية حيث يلاحظ عدم استمرارية العنصرين أي يوجد حيز أو فراغ بين البنيتين

الخلويتين ، يسمى بالشق المشبكي .

• تتميز النهاية المحورية المغطاة بواسطة خلية شوان بتواجد العديد من الميتوكوندريات و العديد من الحويصلات المشبكية و التي يبلغ قطر الواحدة منها حوالي 40 نانومتر .

كما يلاحظ أن سطح الليف العضلي منقطع نحو الداخل أسفل نهاية المحور الأسطواني ، حيث نلاحظ العديد من الإنشاءات باتجاه داخل السيتوبلازم يصل عمقها إلى حوالي 1 ميكرومتر .

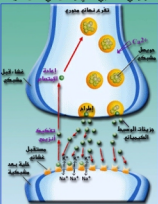
تفصل الأغشية ما قبل مشبكية



و ما بعد المشبكية بواسطة فراغ عبارة عن شق متسع يصل عرضه 100 نانومتر

*. آلية عمل الوسيط :

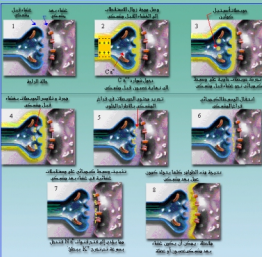
*. **تركيب الوسيط الكيميائي :** الأسيتيل كولين هو الوسيط الكيميائي العصبي الذي يتدخل في عمل اللوحة



المحرركة ويتشكل على مستوى العصبون من الكولين المتواجد في الدم، أنزيم الأسيتل كولين ترانسفيراز والأسيتل مرافق الأنزيم A كما يلي :

* يفرز أسيتل كولين ترانسفيراز على مستوى أجسام " نيسل " التي تعتبر بمجاميع لحويصلات الشبكة الهيولية الداخلية المحيطة بالأسيتل مرافق الأنزيم A من الميتوكوندري و تنتقل المواد الضرورية ضمن حويصلات نحو النهاية العصبية أين يتم تركيب الأسيتل كولين و الذي يتجمع ضمن حويصلات مشبكية

- 1- وصول موجة زوال الاستقطاب (كمون العمل) إلى نهاية العصبون قبل المشبكي .
- 2- انفتاح قنوات الـ Ca^{++} و دخول هذه الأخيرة إلى العصبون قبل المشبكي .
- 3- هجرة وتلامس و تحرر الحويصلات المشبكية بطريقة الإطراح في الفراغ المشبكي .
- 4- انتقال الوسيط الكيميائي في الفراغ المشبكي و تثبيتها على



المستقبلات الغشائية الموجودة على غشاء العنصر بعد المشبكي .

5- فتح لقنوات ثم الدخول المكثف لـ Na^{++} و الخروج البطيء لـ K^{+}

ملاحظة : يؤدي دخول أيونات الصوديوم إلى داخل الخلية العضلية، إلى زوال الاستقطاب للغشاء ما بعد مشبكي حتى حد العتبة اللازمة لانفتاح قنوات Na^{++} المرتبطة بالفولطية فيولد بذلك كمون عضلي حيث ينتشر على طول الألياف العضلي مؤدياً إلى تقلص الألياف .

6- تكوين كمون عمل يسري على طول الغشاء العضلي أو العصبون بعد المشبكي .

7- تحليل الوسيط الكيميائي (الأسيتل كولين) بواسطة

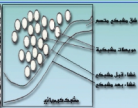
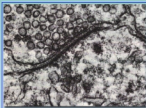
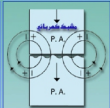
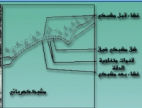
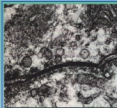
أنزيم الأسيتل كولين استراز لكي لا يستمر تأثير الأسيتل كولين .

الأسيتل كولين : ← حمض الخل + كولين .

8- إعادة امتصاص الكولين و حمض الخل بظاهرة النقل الفعال من قبل الغشاء القبل مشبكي لإعادة تركيب الأسيتل كولين .

* أنواع المشابك :

1. **المشبك الكهربائي :** * التشق المشبكي ضيق جدا . * تمر السقالة العصبية مباشرة عبر القنوات الدقيقة التي تربط الغشاء القليل المشبكي بالغشاء البعد مشبكي . * عدم وجود الحويصلات المشبكية .



2. المشبك الكيميائي :

- * التشق المشبكي متسع
- * وجود حويصلات مشبكية تحوي الوسيط الكيميائي المسؤول على نقل السقالة العصبية .
- * يكون العنصر القبل مشبكي فسي المشبك الكيميائي: نهاية محورية .

- * يكون العنصر البعد مشبكي إما : خلية عضلية (اللوحة المحركة) أو خلية عصبية (جسم خلوي استطالة هولية ، محور استوائي) .

*. تأثير المقررات على المشبك :

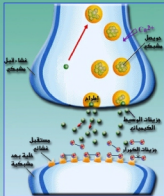
تهريبية : تدخل عن طريق عملية الحقن مادة الكورار في مكان اتصال الليف العصبي بالليف العضلي بالحقن المجهرى ثم نلبه العصب عدة ثلثيات فعالة .

الملاحظة : لا تنقل العضلة .

النتيجة : يوقف الكورار انتقال السيالة العصبية .

التفسير : بينت الأبحاث العلمية الحديثة أن مادة الكورار (مادة سامة مصدرها نباتي استعملها الهلود في أمريكا لشل حركة الفرائس) لها بنية فراغية تشبه الاستيل كولين و أن كل جزيئين منه تكونان مرتبطتان معا بحيث أننا إذا حقناها في المشبك فإنها تتوضع على المستقبلات الغشائية و تمنع تثبيت الاستيل كولين و مع العلم أن توضعها (الكورار) لا يؤدي إلى فتح القنوات مما لا يسمح بانتقال السيالة العصبية .

ملاحظة : لا تمتلك العضوية أنزيمات خاصة بإمادة جزيئات الكورار ، مما يؤدي إلى حدوث الشلل .



مراحل اكتشاف الهرمون : لاحظ لوريه أن وضع محلول حمض في أنثى عشري الحصان يؤدي إلى الإفراز البنكرياسي .

كما لاحظ كلود برنارد : أن الإفراز البنكرياسي عند الكلب يتم أثناء الوجبات الغذائية بمجرد وصول الكيموس المعدي إلى الاثنى عشري . في عام 1895 أدخل دولينسكي في علاج كلب صائم مجهز بناسور معنكي كيموس كلب آخر أثناء فترة الهضم فلاحظ الإفراز البنكرياسي عند الكلب الصائم .

النتيجة : الإفراز البنكرياسي يتم نتيجة ملامسة الحمض لمخاطية العفج .

الفرضية : نسبة العالم بالوف 1888 العصب الرئوي المعدي لكلب بعد أن ربط فتحة البواب تغاديا لدخول الكيموس إلى العفج . فلاحظ أن الإفراز يكون قليلا جدا .

• إن الإفراز البنكرياسي يكون لرد فعل انعكاسي .
عام 1900 حقن أحد تلاميذ بالوف عفج كلب مغرب النخاع الشوكي و مقطوع العصب المعدي الرئوي بمحلول حمض . فلاحظ إفراز بنكرياسي .

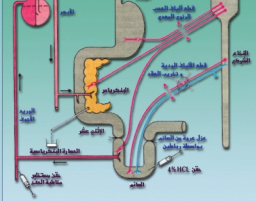
• إن الإفراز البنكرياسي لا يرجع إلى آلية عصبية بل بسببه تأثير الحمض .

السؤال : هل الدم هو الناقل الوسيط بين المعتكلة والعفج ؟

عام 1901 حقن وار تشار و لياج دم كلب صائم بمحلول حمضي 0.4 % فلم يلاحظ الإفراز البنكرياسي .

• إن تأثير الحمض لا يتم بواسطة الدم .

قام بايلس و ستار لينغ عام 1902 بالتجربة التالية : وضعا ناصورة في المعتكلة لكلبة صائمة و عزلا عروة



من العفج مع قطع كل الأعصاب لتبقى هذه القطعة متصلة بالجسم عن طريق الدم فقط . ثم حقنا محلول HCl بتركيز 0.4 % في العفج . فلاحظنا الإفراز المعنكي . إذا توجد مادة تتوسط بين الحمض و المعتكلة تنتقل عن طريق الدم تحت المعتكلة على الإفراز .

قاما هذين العالمين بسحق مخاطية العفج مع الرمل و الحمض و رشعا ، ثم حقنت الرشاحة في دم حيوان صائم . فلاحظنا إفراز معنكي غزير .

التفسير : خلافا مخاطية العفج تنتج مادة عن طريق تأثير الحمض تنتقل عبر الدم إلى البنكرياس فتتحثها على الإفراز ، سميت هذه المادة بالهرمون (الحاة) .

النتيجة : إفراز العصارة المعنكية راجع إلى تأثير مادة الإفرازين المفروزة من طرف المخاطية و التي تنتقل بواسطة الدم .

الخلاصة : تعريف الهرمون ، هو مادة كيميائية تفرزها غدة صماء و تصبها مباشرة في الدم الذي يحملها إلى بعض الأعضاء لتوجه عملها .

الداء السكري التجريبي : نقوم بنزع البنكرياس كلب ثم نقيس نسبة السكر في كل من الدم و البول كل ساعة

الوقت بالساعات	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
نسبة السكر في الدم غ/ل	1	0.95	0.90	0.90	0.90	1.2	1.8	3.2	3.3	3.4	
نسبة السكر في البول غ/ل	0	0	0	0	0	0	0.1	1.3	3.6	6.7	6.8

يوم الداء السكري

فبعد مرور زمن معين تظهر أعراض خطيرة عند الكلب و هي أعراض مرض السكر مع اضطرابات هضمية و النتائج مسجلة في الجدول التالي .

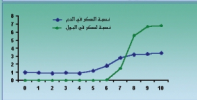
رسم المنحنى :

تحليل المنحنى : من المنحنى أن

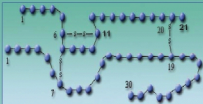
نسبة السكر في الدم قبل نزع البنكرياس = 1 غ/ل ونسبته في البول = الصفر

• بعد نزع البنكرياس تبقى نسبة السكر في الدم ثابتة لساعتين ثم تبدأ بالتزايد المستمر إلى أن تصل إلى 3.4 غ/ل . نسبة السكر في البول بعد نزع البنكرياس = صفر إلى أن تصل نسبة السكر في الدم 1.8 غ/ل يبدأ السكر في الظهور في البول و تبدأ تزداد نسبته بسرعة و تصل إلى 6.8 غ/ل .

النتيجة : إن نزع البنكرياس أدى إلى ارتفاع نسبة السكر في الدم أولاً ثم بعد ساعتين في البول .



* . طبيعة الأنسولين :



يمثل الشكل التالي بنية جزيئة الأنسولين .
يعتبر الأنسولين هرمون الغدة البنكرياسية ، ذو وزن جزيئي 5700 ، يتم تركيبه على مستوى الخلايا β لانجرهانس .

الأنسولين مكون من سلسلتين متعدد ببتيد السلسلة A (21 حمض أميني) و السلسلة B (30 حمض أميني) السلسلتان مرتبطتان بجسور كبريتية ، الأول بين الحمض الأميني 7 من السلسلة A و الحمض الأميني 7 من السلسلة B

الثاني بين الحمض الأميني 20 من السلسلة A و الحمض الأميني 19 من السلسلة B والثالث بين الحمض الأميني 6 من السلسلة A و الحمض الأميني 11 من نفس السلسلة .

توجد مورثة الأنسولين على مستوى الذراع القصير للصبغي رقم 11 عند الإنسان، يتم أولا ترجمة هذه المورثة إلى مادة تسمى الأنسولين الأولي على مستوى الجسيمات الريبية للشبكة الهيولية الفعالة . ثم ينقل هذا الأنسولين الأولي إلى جهاز كولجي ليتم تحويله و تعديله بتدخل أنزيمات خاصة إلى شكله النهائي - الأنسولين . إن عملية إفراز الأنسولين من طرف الخلايا لانجرهانس تتوقف على عدة عوامل، حيث يعتبر الجلوكوز

في الهيولى العامل الأكثر تأثيراً في الإفراز . كما أن الأحماض الأمينية و الأنغليوجونوتيك ببتيد A و B و الجلوكاغون و الأدرينالين و الغالاكتين عاملين منبهين لعملية الإفراز .

يتواجد الأنسولين داخل هيولى الخلايا β لانجرهانس على هيئة حرة منشطة أو يتواجد بشكل مرتبط مع بروتين حامل هذه الحالة الأخيرة تلعب دور في عملية تخزين الأنسولين . إن مدة فاعلية الأنسولين المفرز تبلغ إلى 20 دقيقة . يتم تفكيك الأنسولين بشكل أساسي على مستوى الكبد .

*. آلية عمل الأنسولين :

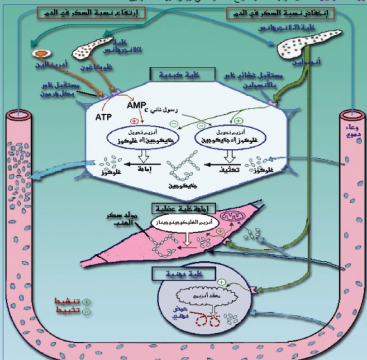
السؤال : ما نوع الخلايا التي يؤثر فيها الأنسولين ؟

تجربة : نحقن كلب بكمية من أنسولين مشع .

الملاحظة : نلاحظ الإشعاع يتركز على مستوى الغشاء الهولي للخلايا الكبدية و الخلايا العضلية و الخلايا الدهنية .

النتيجة : إن الخلايا العضلية و الخلايا الكبدية و الخلايا الدهنية هي الخلايا المستهدفة من طرف الأنسولين .

دور الأنسولين : تمثل الوثيقة التالية نوع الخلايا التي يؤثر فيها الأنسولين :



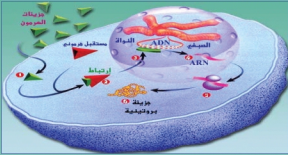
النتيجة : الأنسولين الهرمون الوحيد للقصور السكري، له تأثير على جميع الخلايا القادرة على تخزين أو استعمال

سكر العنبر، وذلك بالرفع من نفاذية الجلوكوز على مستوى غشاء هذه الخلايا ما عدى الخلايا العصبية، خلايا

الأبوية الهضمية و خلايا الكلى .

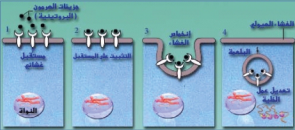
أنماط عمل الهرمونات :

١. في هذه الحالة : ينفذ الهرمون إلى داخل الخلية المستهدفة مباشرة حيث يجد داخل الهيولى الخلوية



مستقبل نوعي يرتبط معه ، ليستم تشكيل معقد هرمون مستقل إن تشكل هذا المعقد يمنع المستقبل من توقيف نسخ المورثة المطلوبة (آليات التنظيم الوراثي) وتكون النتيجة هي نسخ هذه المورثة وتحويلها إلى (ال ARNm) هذا الأخير يستجبه إلى

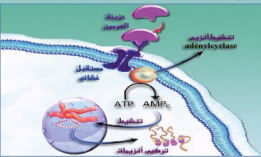
الهيولى الخلوية ليتم ترجمته إلى جزيئة بروتينية .



٢. ب. في هذه الحالة يرتبط الهرمون بالمستقبل الغشائي النوعي ثم يدخل إلى الهيولى الخلوية وفق ظاهرة البلعمة الخلوية ، على مستوى الهيولى يحدث الهرمون التأثيرات

الضرورية التي تؤدي إلى تعديل عمل الخلية وفق ما هو مبرمج لها .

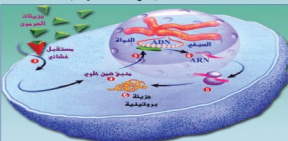
2 - في هذه الحالة لا ينفذ الهرمون إلى الخلية :



أ. يتشبت الهرمون (المنيا الأول) على مستقبل غشائي نوعي متواجد على الغشاء الهيولى للخلية المستهدفة الأمر الذي يعمل على تنشيط أنزيم خاص هو adenylylase ، هذا الأخير يجري إمالة لجزيئة ال ATP مؤديا إلى ظهور منيا ثاني معلوم هو AMPc السدوري - هذا الأخير ينشط آليات التنظيم الوراثي فتعمل على نسخ و ترجمة بعض

المورثات الأمر الذي ينتج عنه إنتاج أنزيمات محددة و مطلوبة .

تجد هذه الآلية في عمل الهرمونات لدى الهرمونات المسؤولة على رفع نسبة السكر في الدم مثل أدرينالين .

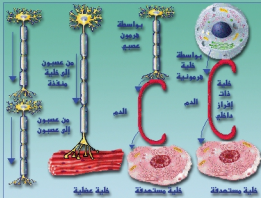


ب. يتشبت الهرمون (المنيا الأول) على مستقبل غشائي نوعي متواجد على الغشاء الهيولى للخلية المستهدفة دون أن ينفذ إلى الخلية الأمر الذي يؤدي إلى تشكل منيا ثالثي ثانوي مجهول ضمن الهيولى الخلوية ، هذا الأخير يحدث التأثير التي تعدل من عمل الخلية .

طرق نقل النبا :

* تهدف عملية نقل النبا داخل العضوية إلى إتمام التنسيق و الترابط بين مختلف الخلايا و الأنسجة حتى يكون إلتقاء الوظيفي متكامل و غير متعارض ، تعمل الوثيقة التالية طرق انتقال النبا داخل العضوية :

1. **طريق عصب عصب :** و تكون عناصر النقل هنا هي الخلايا العصبية (العصبونات) و التي تعمل على ربط المراكز العصبية بالمعضلات المنفذة - يرسل النبا في هذه الحالة بشكل إشارات كهربائية -



2. **طريق عصب هرموني :**

تمتلك العضوية بعض العصبونات التي و بعد تنبيهها تفرز من أغشائها النهائية وسائط كيميائية هي عبارة عن هرمونات تنتقل بواسطة الدم لتؤثر على الخلايا المستهدفة ، و هي الخلايا التي تمتلك مستقبلات نوعية خاصة بهذه الهرمونات يرسل النبا في هذه الحالة بشكل إشارات كهربائية داخل العصبون ثم يتحول إلى نبا كيميائي -

3. **طريق هرموني :** تعمل

الخلايا الغدية المفرزة للهرمونات على إيصال نباها

إلى الخلايا المستهدفة بواسطة مواد كيميائية (الهرمونات) تحررها في الدم الذي يعمل على نقلها إلى الخلايا المستهدفة -

مقدمة : على مستوى بيئة معمرة بالعديد من الجراثيم التي منها الجراثيم الممرضة فإن العضوية تمتلك العديد من أشكال الدفاع حيث تتكيف باستمرار وكتسب قدرات جديدة للمقاومة بفضل التفاعلات المناعية . تتواجد عدة أنماط لاكتساب مقاومة مناعية تجاه عامل مرضي محدد معين ، كما تتأثر المقاومة كذلك بعوامل متوقفة على العائل نفسه ، عوامل مرضية ، السن ، الحالة الفيزيولوجية ، حالة طوارئ الجهاز المناعي . تجمع هذه الأنماط وفق نوعين من المناعة .

- المناعة الطبيعية : التي تميز بعض الأنواع و السلالات ، تجاه عامل أو عوامل مرضية معينة .
- المناعة المكتسبة و التي تظهر بعد التماس بالعامل المرضي .

المناعة اللاعنوية (الطبيعية) :

تولد مع الفرد وهي غير متخصصة (لا نوعية) تمثل حاجز اتجاه الكثير من العوامل الممرضة و تتمثل هذه الحواجز : في الجلد - الغدد العرقية - الدموع ، مخاط الأنف ، اللعاب الأغشية المخاطية الخاصة في القصبة الهوائية حموضة المعدة $2 - 1 = \text{PH}$ ، إفرازات الصفراء $8 = \text{PH}$ البكتيريا الغير ممرضة المتعايشة في الأمعاء السوائل الجنسية .

1. **الجلد :** الجلد السليم يحمي الجسم و يمنع دخول الأجسام الغريبة .

2. **مفرزات الجلد :** التركيب الكيميائي للعرق و حموضته تثبط نشاط الكائنات الحية الغازية .

3. **الدموع و اللعاب و مخاط الأنف :** تحوي أنزيم الليزوزوم الذي يخرّب جدار البكتيريا .

4. **الأغشية المخاطية :** المبطنة للأنف و الأنبوب الهضمي و الجهاز التنفّس تفرز مخاطاً يمنع دخول الجراثيم .

5. **الإنترفيرون (INTERFERON) :** الأنترفيرونات مجموعة من البروتينات تفرزها طبيعياً خلايا العضوية ، ذات أهمية بيولوجية عالية حيث تعتبر من وسائل المناعة الطبيعية ضد الإصابة الفيروسية و ضد السرطان . تم اكتشاف الأنترفيرون سنة 1957 من طرف عالمين إنجليزي و سويسري .

* **الخصائص :** لا يمتلك أنترفيرون أي فعل تثبيطي مباشر ضد الفيروسات . كما أن تأثيره الغير مباشر ضد الفيروسات غير متخصص بل يشمل تقريباً كل الفيروسات و هو يؤثر فقط في المنطقة التي يفرز فيها . بناءاً على خصائصه الجزيئية يمكن تصنيف الأنترفيرونات إلى :

1. **الأنترفيرون α :** تفرزه كريات الدم البيضاء و الخلايا T المنشطة . و هو مقاوم لـ PH الحامضي ، يوجد منه عند الإنسان حوالي 15 نوع كلها مورثاتها تقع على الصبغي رقم 9 .

2. **الأنترفيرون β :** تفرزه الخلايا المقاومة للفيروسات و هو عبارة عن بروتين سكري ، تم التعرف على اثنين من مورثاته المتواجدة على الصبغي رقم 9 .

يملك الأنترفيرون α ، β مستقبل غشائي واحد خاص بهما متواجد على أسطح الخلايا التي يؤثران فيها .

3. **الأنترفيرون γ :** تفرزه الخلايا اللمفاوية و التي تكون في حالة الرد على مولد الضد ، و هذا ما يبين أن له دور في الرد المناعي ، عبارة عن بروتين سكري حساس لـ PH ، مستقبله الغشائي لخاص به مختلف .

آلية تأثير الأنترفيرون : يتميز بطرق تأثير معقدة و متعددة و هذا لكونه يؤثر على أنواع خلوية مختلفة تتكاثر بداخلها فيروسات مختلفة ، كما أنه يؤثر على تكاثر و تمايز الخلايا و يساهم في تنظيم الرد المناعي الخلوي و الخلوي . تعتبر الأنترفيرونات هرمونات تشكل وسيلة المقاومة الأولى ضد الأجسام الغريبة خاصة الفيروسات .

ينتشبت الأنترفيرون على المستقبل الغشائي النوعي بعد ذلك تقوم الخلية باقتناص المعقد المشكل من المستقبل و أنترفيرون و هذا ما يؤدي إلى تعديل عمل الخلية و التي تقوم بتشغيل عدة مورثات الأمر الذي ينتج عنه ظهور مجموعة من البروتينات الأتريمية التي تساعد الخلية على المقاومة الفعالة ضد الإصابة الفيروسية عن طريق تثبيط تصنيع البروتينات الفيروسية ، كما أن الغشاء الهولي الخلوي تحدث عليه تعديلات مما لا يساعد الفيروسات على الدخول أو الخروج من الخلية ، و هذا بتغيير بروتينات الغشاء الهولي .

بشكل عام فإن الأنترفيرون يثبط التضاعف الخلوي و تضاعف الفيروسات داخل الخلايا المصابة و يحصن الخلايا السليمة المجاورة و يعمل على تنشيط البالعات الكبيرة و اللعافيات القاتلة الطبيعية NK و اللعافيات السمية .



6. **البلعمة :** تتمثل في قدرة بعض

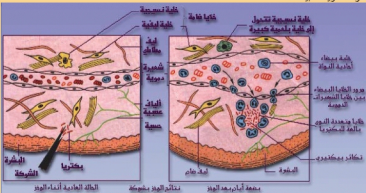
الخلايا المناعية على ابتلاع الجزيئات الغريبة أو الميكروبات المهاجمة ، حيث تقترب منها ثم تمد رجل كائنة من أجل عملية الإحاطة ثم تقوم بابتلاعها و تفكيكها جزئياً باستعمال أنزيمات محللة خاصة .

من أهم الخلايا التي تتميز بهذه القدرة

ما يلي أ . البلعميات الكبيرة ب . متعددة النوى القاعدية ج . وحيدات النوى .

7. **الإلتصاف :** استجابة العضوية تجاه غزو بكتيري . عند حدوث جرح نتيجة دخول مادة حادة كسمار أو شوكة يتبع ذلك باستجابة إلتهاية محلية تتميز بما يلي :

- دخول البكتيريا بحرض تدخل وسائل الدفاع الداخلية المتمثلة في الاستجابة الخلوية .
- إنسداد الكريات الدموية البيضاء النوى .
- تحول الخلايا الضامة إلى ملتهمة كبيرة .
- تنشيط عملية البلعمة من طرف الكريات البيضاء .



بعد عدة أيام من حدوث الورم ، وفي حالة ما إذا كانت العضوية غير معالجة فإننا نلاحظ على المنطقة المصابة بعض الظواهر المميزة و التي تتمثل فيما يلي :

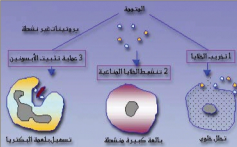
* **الإحمرار وارتفاع درجة الحرارة** راجع إلى تمدد الشعيرات الدموية و غطاط دوران الدم يتسبب فيها مادة الهيستامين .

* **الانتفاخ** راجع إلى خروج البلازما و مكورات دموية بيضاء متعددة النوى إلى الأنسجة .

* **الألم** ناتج عن تنبيه النهايات العصبية للجدل عن طريق النوى كسينات (مواد كيميائية ناتج عن نشاط البكتيريا داخل العضوية) الجرثومية .

أ . يتبع التفاعل الالتهابي بتدخل البالعات الكبيرة المتنقلة في الدم و البلغم ، إن أول الخلايا التي تتوالد إلى مكان الإصابة هي الكريات البيضاء متعددة النوى متعادلة و التي تجذب عن طريق مواد مفرزة من طرف البكتيريا . تعمل هذه الخلايا على بلعمة و هضم جميع الخلايا الغريبة بعملية البلعمة .

ب . أما في حالة عدم تمكن كريات الدم البيضاء من بلعمة الجراثيم كلية فيحدث انتشار و توسع للالتهاب تعمل الجراثيم على إفسار مواد سامة تهدم الأنسجة مما يسمح بتشكيل مادة القيح و المتمثل في جثث البكتيريا مع متعددة النوى على مستوى حجم من البلازما . ثم تتدخل في هذه المرحلة الخلايا البالعة كبيرة التي لها القدرة على بلعمة كومة جرثومية أو كريات حمراء أو جثث الخلايا



8. **المتهم :** مجموعة من البروتينات

الغير متجانسة توجد في مصل الدم تصنع على مستوى العديد من الأنسجة كالطحال و الكبد . عندها حوالي عشرون بروتين أنزيمي غير نشطة في الحالة العادية

يتمثل عمل المتهم فيما يلي :

- تشكل مجموعة بروتينات المتممة و التي تستطيع أن تفتح قنوات في أغشية الخلايا الغريبة و المصابة مما يؤدي إلى حدوث صدمة خلوية فالتفجارها .
- جنب بعض الخلايا البلعية و بعض وحيدات الخلية نحو مكان الالتهاب .
- تتوضع بعض بروتينات المتمم المنشطة على أغشية البكتيريا (الوسم الكيميائي) فتسهل عملية البلعمة .

9. **البكتيريا غير ممرضة التي تعيش في الأنبوب هضمي :** و التي تعمل على القضاء على العديد من الأنواع البكتيرية الممرضة .

النتيجة : آلية الدفاع اللا نوعية (طبيعية) هي وقاية فطرية غير مميزة تحدث ضد معظم الأجسام الغريبة أي أن تدخل هذه العناصر متماثل كبقايا نوع الغازي . تعمل وسائل هذه آلية الدفاع اللا نوعية كحواجز ابتدائية . يؤدي اختراق هذه الحواجز إلى استجابة التهابية .

تتمثل الاستجابة المناعية الخلوية في ظاهرة البلعمة التي تؤمنها كل من الخلايا البلعية الكبيرة و متعددة النوى و وحيدة النواة .

المناعة النوعية :

مميزات المناعة النوعية : تجري على خنزير الهند سلسلتين من التجارب :

1. **السلسلة الأولى من التجارب :** الأنتوكسين (الاسم) هو توكسين (سم) فقد مفعوله المرضي نتيجة معالجته الفيزيائية ، الكيمائية بالحرارة و الفورمول .
- * الكزاز مرض يتميز بتقلصات عضلية مؤلمة و التي يمكن أن تؤدي إلى الموت عن طريق الاختناق ، ناتج عن إصابة العضوية من طرف البكتيريا السمات كلوستريديوم تيتاني و التي تتواجد في التربة على هيئة أبواغ عند تمكثها من دخول العضوية من أحد الجروح العميقة فإلها تتكاثر بسرعة و تسبب الإنتهاب ، نشاطها داخل العضوية يؤدي إلى إفراز مواد سامة تعرف بالتوكسين التكرزي .

رقم	التجربة	النتيجة
1	ز = حقن الأنتوكسين التكرزي في خنزير المند "أ"	ز = 15 يوم : حقن كمية (ك) من التوكسين التكرزي
2	ز = لا شيء	ز = 15 يوم : حقن كمية (ك) من التوكسين التكرزي
3	ز = حقن الأنتوكسين التكرزي في خنزير المند "أ"	ز = 15 يوم : حقن كمية (ك) من التوكسين التكرزي
4	حقن مصل المستخلص من خنزير المند . أ . في ز = 15 يوم في خنزير المند . ب . ثم يتبع بحقن كمية من التوكسين التكرزي .	بقاء الحيوان

* ما الذي يمكن استخلاصه من التحليل المقارن للتجارب :

- أ - التجربة 1 و 2 ب - التجربة 1 و 3
- ماذا نستخلص من نتيجة التجربة 4 ؟

الإجابة :

- أ - من مقارنة التجريبتين 1 و 2 نستخلص : حقن الأنتوكسين التكرزي في الحيوان يكسبه مناعة تقيه من الموت عند الإصابة بالتوكسين التكرزي ← (الاكتساب) .
- ب - من مقارنة التجريبتين 1 و 3 نستخلص : حقن الأنتوكسين التكرزي في الحيوان لا يقيه من الموت عند تعرضه للإصابة بالتوكسين التكرزي ← (النوعية) .
- نستخلص من التجربة 4 : يحتوي مصل الحيوان (أ) على مادة تقي الحيوان (ب) من الموت (وجود أجسام مضادة في المصل) إذا يمكن اكتساب حيوان ما لمناعة بحقنه مصل حيوان محصن ضد نفس المرض ← (النقل) .

النتيجة : تتميز المناعة السابقة بال : الاكتساب . النقل . النوعية و كونها خلوية .

2. السلسلة الثانية من التجارب :

رقم	التجربة	النتيجة
1	ز = حقن الحيوان "أ" بال BCG	ز = 30 يوم : حقن الحيوان "أ" بعصيات كوخ B . K .
2	ز = لا شيء	ز = 30 يوم : حقن الحيوان بعصيات كوخ B . K .
3	ز = حقن الحيوان بال BCG	ز = 30 يوم : حقن الحيوان بالتوكسين التكرزي
4	حقن المصل المستخلص من الحيوان "أ" في ز = 30 يوم في الحيوان "ب" ثم يتبع بحقن ال BK	موت الحيوان
5	حقن الخلايا الليفية المستخلصة من الحيوان "أ" في الزمن ز = 30 يوم في الحيوان "ب" ثم يتبع بحقن ال BK .	بقاء الحيوان

ماذا يمكنك استخلاصه من التحليل المقارن للتجارب : التجربة 1 و 2 ؟ التجربة 1 و 3 ؟ التجربة 4 و 5 ؟

الإجابة :

- * من مقارنة التجريبتين 1 و 2 نستخلص أن : حقن ال BCG في الحيوان يكسبه مناعة تقيه من الموت عند الإصابة بعصيات كوخ B . K . ← (الاكتساب) .
- * من مقارنة التجريبتين 1 و 3 نستخلص : حقن ال BCG في الحيوان لا يقيه من الموت عند تعرضه للإصابة بالتوكسين التكرزي ← (النوعية) .
- * من مقارنة التجريبتين 4 و 5 نستخلص : أن الخلايا الليفية للحيوان "أ" تقي الحيوان "ج" من الموت ← (النقل) في حين لم يصل الحيوان "أ" لا تقي الحيوان "ب" من الموت عند حقنه بال B.K . نستنتج من ذلك ← (مناعة خلوية) .

النتيجة : تتميز المناعة السابقة ب : الاكتساب . النقل . النوعية و كونها خلوية .

الخلاصة : إن المناعة النوعية قد تكون : - خلوية تنتقل (أجسام مضادة) عن طريق المصل و تتم بالأجسام المضادة ب - خلوية تنتقل عن طريق الخلايا الليفية و تتم بخلايا ذات ذاكرة . و في الحالتين فإن هذه النوع من المناعة يتميز بالاكتساب . النوعية . النقل .

تعريف الأجسام الغريبة : مادة غريبة عن العضوية (اللا ذات) قادرة على إثارة إستجابة مناعية تؤدي إلى إنتاج أجسام مضادة .

الأصل و التركيب : الفيروسات و البكتيريا و الطفيليات و الخلايا السرطانية و خلايا العضوية المصابة بالعوامل الممرضة تعتبر جميعها أجسام غريبة ، الأجسام الغريبة إما أن تكون جزيئات معزولة بحجم معين



(نوكسينات جرثومية) تحوي واحد أو عدة مواقع لمحددات مولد الضد ، إما أن تكون بنية معقدة و جزيئات محمولة على سطح عضيات مجهرية ممرضة .

بعض مولدات الضد تسبب الحساسية و هذا بتفسيطها لإنتاج الأجسام المضادة من النوع IGE و لهذا تعتبر هذه الأجسام الغريبة مولدات الحساسية و هي من أصول مختلفة (ريش بعض الطيور ، حبوب الطلع ، بعض لمود الكيميائية ...)

علما أن مولد الضد هو جسم غريب عن العضوية ، لكن في حالة أمراض المناعة الذاتية يعتبر مولد الضد أحد مكونات العضوية نفسها غير أن الجهاز المناعي يتعامل معه على أساس أنه غريب عنها ، لكونه أصبح يحمل محدثات تختلف عن محدثات العضوية .

* من حيث التركيب الكيميائي فإن أغلب مولدات الضد عبارة عن بروتينات سكرية (glycoprotéines) أما ذات الطبيعة الليبيدية فهي أقل عددا إلا في حالة كونها مرتبطة مع بنيات جزيئية أكثر أهمية .

التعرف على مولد الضد و إقصائه :

عندما يتسلل مولد الضد إلى داخل العضوية يؤدي في بداية الأمر إلى تنشيط عمل الجهاز المناعي الغير المتخصص و المقصود هنا الخلايا : البالعات الكبيرة و متعددة النوى المتعادلة و البالعات الصغيرة و الخلايا القاتلة السامة المتواجدة على مستوى الأنسجة المخاطية و الأنسجة الضامة و التي تشكل جميعها الحاجز المناعي الأول . و في حالة عدم إقصاء مولد الضد على هذا المستوى تتدخل آليات مناعية أكثر تخصصا تشارك فيها الخلايا للمفاويزة المتخصصة . الخلايا للمفاويزة B و بفضل أجسامها المضادة السطحية تتعرف مباشرة على مولد الضد ، في حين أن للمفاويات T تحتاج إلى عرض محدثات مولد الضد من طرف الخلايا البالعة و للمفاويات B لتتعرف عليه .

* إقصاء مولد الضد يتم بواسطة نظام أنزيمي بروتيني أو بفضل الخلايا البلعية .

أنواع المستضادات :

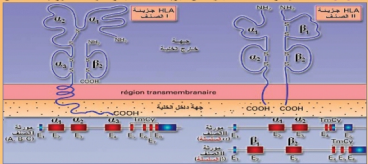
أ. مولدات ضد منطقة : عبارة عن جزيئات ضخمة تتكون أساسا من بروتينات وسكرية متعددة ، و يحتوي على محدثات تتمثل في قطع منه .

ب. مولدات ضد صلبة : إما فيروس أو بكتريا أو خلية أو كائن حي متعدد الخلايا و يتمثل محدث مولد الضد في عناصر غشائية .

ج. مولدات ضد غير كاملة مثل المابتين : ليست لها القدرة على الاستجابة المناعية إلا إذا كانت محمولة على مادة بروتينية ، لذا فهي مادة غريبة و لكن غير كامل مثل النيتروفيبول .
يمكن أن يحوي مولد على عدد من المحدثات المتشابهة أو المختلفة .

أ. نظام آل C.M.H : يمكن دور الجهاز المناعي ، في ضمان المراقبة الضرورية على وحدة العضوية ، و هذا مما يفترض أن للعضوية قدرة التعرف على ما ينتسب لها أي تركيبها الخاصة عن كل ما هو غريب عنها أي الغازي .

* **مؤشرات الذات :** يعرف الذات كمجموعة من الجزيئات الخاصة بالفرد ، و المحددة وراثيا ، تحمل عن



طريق الأغشية الخلوية أو تحرر داخل العضوية و تكون مؤشرات بيولوجية خاصة بكل فرد و تكون هذه المؤشرات ما يعرف بالهوية البيولوجية الشخصية للفرد . يعين كل ما لا يحمل هذه المؤشرات بالذات و بسبب تفاعلات مناعية و التي عن طريقها يتم القضاء عليها .

وهذا ما يفسر مثلا أنه قبل صلية حقن الدم أو زرع عضو ، وجب التحقق أولا أن الكريات و الأنسجة المزروعة تتوافق نسيجيا مع الفرد المستقبل . يؤدي عدم التوافق إلى إقصاء الأنسجة الغريبة .

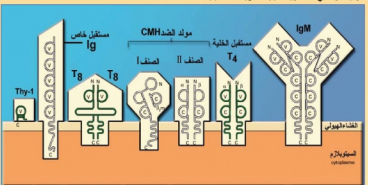
يستوقف التعرف على الذات أساسا عند الإنسان على المورثات التي تكون المعقد الأكبر للتوافق النسيجي أو ما يعرف ب C.M.H . إن مورثات التوافق النسيجي كباقي المورثات الأخرى ، تشرف على تركيب البروتينات



تدعى بالجليكوبروتينات المتمركزة على أغشية جميع خلايا الفرد (ما عدا كريات الدم الحمراء) - تم التعرف عنها أولا على مستوى كريات الدم البيضاء للإنسان ، لذا سميت نظام H.L.A أو ما يعرف بمولدات المضد الليمفاوية البشرية .

تكون هذه الجزيئات مؤشرات الذات التي تميز من طرف جل الخلايا المسؤولة على التفاعلات المناعية - تشفر بر وئينات آل C.M.H عن طريق مورثات متوضعة في منطقة محددة من الصبغي رقم 6 - وحسب طبيعة و وظيفة و التوزيع الخلوي للمواد المصطنعة ، فإنه يمكن تمييز ثلاث مجاميع من المؤشرات الذات هي :

1 - جزيئات الصنف I : التي تشفر عن طريق المورثات الثلاثة B.C.A و التي تظهر على أغشية الخلايا التي تحوى النواة في العضوية ، إنها الجزيئات الحقيقية للذات .



2 - جزيئات الصنف II : التي تشفر عن طريق عدة مورثات D : تصادف فقط على سطح الخلايا المتشكلة في الاستجابة المناعية : البالعات الكبيرة ، الخلايا الليمفاوية - تؤدي دور أساسيا في التعرف على اللذات و تنظيم الاستجابات المناعية .

3 - جزيئات الصنف III : التي تشفر عن طريق مورثات المنطقة المحصورة بين المورثات D و B و تتمثل بالخصوص في الجزيئات المنحلة (من بينها مكونات المتممة) .

تمتلك أغلبية خلايا الجهاز المناعي ، مستقبلات التي بإمكانها أن تتعرف على بر وئينات C.M.H .

تتواجد مولدات ضد النظام ABO محمولة على غشية الكريات الدموية الحمراء فقط ، ولهذا السبب لوحظ قديما أثناء عمليات نقل الدم توافق بين دم - شخصين مختلفين - و من أجلهما العالم النمساوي عام 1900 وجود ربيع ، و جنب أخذ هذه الزمرة الدموية بعين الاعتبار أثناء عمليات نقل الدم - و هو ما يعرف اليوم بنظام ال ABO .

و من أجل تحديد الزمرة الدموية لأحد الأشخاص ، يتم استعمال أمصال مستخلصة من البلازما الدموية للإنسان هذه الأمصال هي : المصل ضد A الذي يحصل عليه من صاحب الزمرة الدموية B ، و المصل ضد B الذي يحصل عليه من صاحب الزمرة الدموية A .

تجربة: نضع على صفيحة زجاجية أربع قطرات دموية لشخص مجهول الزمرة ، ثم أضف إلى القطرة الأولى قطرة من المصل ضد A ، و إلى الثانية قطرة من المصل ضد B ، و إلى الثالثة قطرة من ضد A + قطرة من ضد B . بعد صليّة مزج الدم مع مصل كل قطرة ، لاحظ هل حدث إرتصاص أم لا للكريات الحمراء .



النتائج: جميع الاحتمالات الممكنة كما في الوثيقة المقابلة

- * إذا حدث الإرتصاص في القطرة الأولى و الثالثة و لم يحدث في القطرة الثانية فإن الزمرة الدموية هي ال A .
- * إذا حدث الإرتصاص في القطرة الأولى و الثانية و لم يحدث في القطرة الثالثة ، فإن الزمرة الدموية هي ال B .
- * إذا حدث الإرتصاص في القطرة الأولى و الثانية و في القطرة الثالثة ، فإن الزمرة الدموية هي ال AB .
- * إذا لم يحدث الإرتصاص في القطرة الأولى والثانية ولا في القطرة الثالثة ، فإن الزمرة الدموية هي ال O .

التفسير: إن الإرتصاص الملاحظ في حالة عدم التوافق بين الزمر الدموية ، يعتبر نتيجة حتمية للتفاعل المناعي الحادث بين

الزمرة AB	الزمرة O	الزمرة B	الزمرة A
مولد ضد AB	غياب مولدات ضد	مولد ضد B	مولد ضد A
جسم مضاد AB	جسم مضاد AB	جسم مضاد B	جسم مضاد A
الاجسام المضادة			

مولدات الضد المحمولة على كريات الدم الحمراء (عبارة عن محدثات غشائية) و الأجسام المضاد المتواجدة طبيعيا في مصل الدم - حيث بينت الأبحاث العلمية و الملاحظة المجهرية للكريات الحمراء تتواجد عناصر غشائية تعرف بمولدات الضد ، و هي نوعان مولد ضد A و مولد ضد B - و الكرية الحمراء الواحدة إما تحمل مولد ضد A أو تحمل مولد ضد B أو تحمل الإثنين معا أي

مولد ضد A + مولد ضد B . أو أنها لا تحمل أي منهما في حين أن مصل الدم يتواجد به الأجسام المضادة الطبيعية ، حيث أن صاحب الزمرة الدموية A يمتلك أجسام مضادة ضد B . أما صاحب الزمرة B فيمتلك أجسام مضادة ضد A ، بالنسبة لصاحب الزمرة AB فإن مصل دمه خالي من الأجسام المضادة ، أما صاحب زمرة الدموية O فإن مصل دمه يحوي أجسام مضادة من نوعين هي ضد A و ضد B .

* تقع مورثات هذا النظام على زوج الصبغي رقم 9 و هي تخضع في انتقالها لقوانين مندل .



تتشكل جميع مولدات ضد نظام ABO من نفس السلاسل السكرية المتعددة عدا تغير في المركب النهائي .

فصل مستوى كسريات الزمرة A ، فإن المركب النهائي يتمثل في N - استيل جلاكتوزامين ، بينما على مستوى كريات الزمرة B ، فإن المركب النهائي يتمثل في D جلاكتوز .

إن المركب النهائي هو الذي يشكل محدد مولد الضد .

سواء كان انتماء إلى الزمرة A - أو الزمرة B - ، فإن الكريات الحمراء تحمل إحدى المحددات .

لا تحمل الكريات الحمراء للزمرة O - أي من المحددات السابقة لا الأول ولا الثاني من هذه المركبات النهائية .

في هذا ، ففي النظام ABO ، فإن نوعية مولدات الضد تتوقف على وجود أو غياب جزيئة خاصة في نهاية السلسلة المشتركة للسكريات المتعددة .

* من خلال الوثيقة المقابلة يتضح لنا أن الدم من الزمرة O يمكن حقنه لجميع أصحاب الزمر الدموية الأخرى (المعطي العام) لأن الكريات الحمراء من هذه الزمرة لا تحمل أي من مولدات الأضداد - في حين أن صاحب هذه الزمرة لا يمكنه أن يستقبل إلا دم من نفس زمرة ، لأن البلازما لديه تحوي نوعي الجسمين المضادين ضد A و ضد B - كما نستطيع ملاحظة أن صاحب الزمرة الدموية AB يمكنه أن يستقبل الدم من جميع الزمر الأخرى دون حدوث ظاهرة الإرتصاص ، وهذا لأن البلازما لديه لا تحوي أي من الأجسام المضادة (الأخذ العام) .

* في نظام ال ABO يوجد أربع أنماط ظاهرية و هي : A .

B . AB . O .

المستقبل	الدم	A	B	AB	O
A					
B					
AB					
O					
الدم					
المتبرع					

نظام الريزوس :

عبارة عن مجموعة من مولدات الضد المحولة على أسطح كريات الدم الحمراء . يعتبر نظام الريزوس مع نظام ال ABO أهم نظام محدد للزمر الدموية ، وقد أخذ هذا الاسم من اسم فرد (ماكاسيس رزوس) و الذي يعيش في جنوب شرق آسيا و كان الحيوان المفضل لإجارب التجارب حول الدم في نهاية سنة 1930 .

* مولدات الضد المنتمية لنظام الريزوس و التي يطلق عليها أحيانا عامل الريزوس و هي كثيرة و لكن من الناحية العملية خمسة منها تعتبر مهمة (تؤدي إلى تشكيل أجسام مضادة في حالة نقلها إلى شخص لا يمتلك مولد الضد المنقول - أي أحد هذه الخمسة D.C.C.E.e) .

الأشخاص الذين يمتلكون مولد الضد D يطلق عليها اسم الريزوس موجب (RH^+) أما الذين لا يمتلكون مولد الضد D ، يطلق عليهم تسمية الريزوس السالب (RH^-)

*تشكيل الأجسام المضادة :

في حالات خاصة تعمل عضوية الإنسان على إنتاج أجسام مضادة ضد مولدات الضد الخاصة بنظام الريزوس .

1. **حالة نقل الدم :** تظهر الأجسام المضادة عند نقل الدم من شخص RH^+ إلى شخص RH^- ، الأجسام المضادة المنتجة تكون ضد مولد الضد D ، و هذا في أغلب الأحيان . أما إذا كان الدم المنقول متوافق مع دم الشخص المستقبل فيسما يخص مولد الضد السابق . فإن الأجسام المضادة المنتجة توجه ضد مولدات الضد الأخرى (C.C.C.E.e) -إن إنتاج الأجسام المضادة لا يكون له أي أعراض ظاهرة في المرة الأولى - لكن في حالة صلابة نقل ثالثة لدم مشابه للأول ، فإن ذلك يؤدي إلى إصابة الشخص المعنى بمشاكل صحية مثل : ارتفاع درجة حرارة الجسم ، وإنخفاضها بشكل حاد ، حالة غيبوبة

2. **في حالة الولادة :** يمكن أن يحمل الجنين مولدات الضد (مولدات الريزوس) مختلفة عن مولدات الضد التي تحملها الأم، وهذا ما يؤدي و في حالات خاصة مثل:- الصدمة التي تصاب بها المرأة الحامل في بطنها، سيلان الدم بغزارة من المرأة الحامل و يكون مصدر هذا الدم من الجنين - إلى قيام خلايا المناعة للأم بإنتاج أجسام مضادة ضد مولدات الريزوس للطفل - الأمر الذي يسبب إرتصاص كريات الدم الحمراء الجنينية و من ثم تحطمها - علما أن هذه الإستجابة المناعية لا تظهر إلا في نهاية الحمل ، وهي بالتالي لا تشكل أي خطر صحي على الجنين الأول - بل تصيب الخطر الأجنة اللاحقة إذا كانت تحمل نفس مولدات الضد المشابهة للجنين الأول .

*.عدم التوافق في نظام الريزوس :

إن التمازج بين دم المرأة الحامل مع دم الجنين لو دم المثير مع الشخص المستقبل مرتبط مع مولدات ضد نظام الريزوس . عند اختلاط دم من زمرة ال RH^+ مع دم من الزمرة ال RH^- يؤدي إلى إنتاج أجسام مضادة ضد الريزوس . و لهذا فإن إي عملية نقل للدم يجب أن يراعى فيها التوافق فيما يتعلق بنظام الريزوس بجميع مولدات الضد الخاصة به (D.C.C.E.e) . و هذا من أجل تجنب ظهور أجسام مضادة ضد الريزوس .

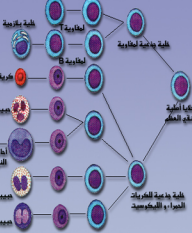
*.المرأة RH^- و الأب RH^+ يمكنهما إنجاب طفل RH^- و في هذا الحالة لا وجود لأي خطر نخس الزوج يمكنه إنجاب طفل RH^+ و في هذه الحالة و أثناء الحمل فإن كل مرور لكريات الدم الحمراء الجنينية إلى الدورة الدموية للأم ، يؤدي عند الأم إلى قيام الخلايا المناعية بتشكيل أجسام مضادة ضد مولدات الريزوس و في حالة حمل ثالثة لطفل RH^+ فإن هذه الأجسام المضادة تمر عبر المشيمة و تسبب إرتصاص كريات الدم الحمراء الجنينية . مما يعرض هذا الجنين إلى مرض فقر الدم الشديد .

*. **الوقاية :** و التي تتركز على المراقبة المستمرة للمرأة الحامل و التي تكون زمرةها الدموية RH^- و هذا بحفظها بكمية متكررة من الأجسام المضادة ضد الريزوس (غاما غلوبولين : Anti D) التي تعمل على تحطيم أي كريات دموية حمراء جنينية تمر من الجنين إلى دم الأم

* **الخلايا المناعية** : أمماط خلوية ناتجة من خلايا أصلية للتخاف العظمي منها:

*.الخلايا أحادية النواة

monocyte : خلايا تنشأ من نقي العظام ، قطرها من 10 إلى 15 نانومتر قطرا و تتميز تحت تأثير العامل (M-CSF) لها دور هام في الدفاع عن العضوية . و تعتبر أكبر خلية دموية و هي تتميز بنواة كبيرة الحجم و بهيولها الممددة ذات اللون الأزرق الفاتح أو الرمادي و محيطات صغيرة جدا . تبقى عدة أيام في الدم قبل التوجه إلى الأنسجة حيث تتحول هناك إلى خلية بالعة (خلية لها القدرة على بلعمة جزيئات صلبة) . يشبه دورها عمل الخلايا متعددة الأنوية المتعادلة.



- تعمل الخلايا أحادية النواة على القضاء على البكتيريا و الجزيئات الغريبة و كذا كريات الدم الحمراء المسنة وهذا لقدرةتها على القيام بعملية البلعمة ،حيث تفكك الأجسام الغريبة التي تقوم ببلعمنها عن طريق أنزيمات خاصة . وهي أقل تخصصا من متعددة الأنوية المتعادلة
- كما تتدخل في بعض مراحل الرد المناعي و بالخصوص في عملية تأمين تحويل جزيئات غريبة عن العضوية إلى ببتيدات (جزيئة مكونة من اتحاد أحماض أمينية)

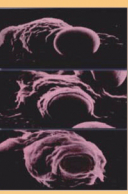
*.الخلايا متعددة الأنوية

polynucléaire : خلايا دموية بيضاء قطرها من 12 إلى 15 نانومتر قطرا ، تتميز بنواة مقصصة و بنحبات خاصة و لهذا يسمى هذا النوع من الخلايا بالخللا الحبيبية .

يمكننا تمييز ثلاث أنواع من متعددة الأنوية و ذلك حسب طبيعة الملون المثبت بواسطة النحبات :

- **الخلايا متعددة الأنوية القاعدية** : تثبت الملونات القاعدية .
- **الخلايا متعددة الأنوية الحمضية** : تثبت الملونات الحامضية .
- **الخلايا متعددة الأنوية المتعادلة** : تثبت الملونات المتعادلة

* **الخلايا البالعة الكبيرة** **macrophage** :خلايا كبيرة الحجم من 20 إلى 75 نانومتر . لها القدرة على بلعمة و تفكك جزيئات كبيرة (خلايا منحلة ، أو مسنة ، جزيئات غريبة أو عدد من البكتيريا) و ذلك بالبلعمة الخلوية .



البالعات الكبيرة تشكل خط الدفاع الخلوي الأول ضد الأجسام الممرضة و هي تتواجد في جميع الأنسجة خاصة في الغدة الليمفية و في الطحال و في الغدد اللمفاوية و في الأنسجة المخاطية (في المواقع القريبة من خارج الجسم) .

* **الأصل و الوظيفة** : تنشأ من نقي العظام مثل جميع كريات الدم البيضاء ختمايز تحت تأثير العامل (M-CSF) ، حيث في البداية تعطي الخلايا الأصلية لنقي العظم الخلايا أحادية النواة ، هذه الأخيرة يتم تحويلها إلى خلايا بالعة كبيرة على مستوى الأنسجة الخلايا البالعة الكبيرة تتميز باحتواء غشائها الهيولي على مستقبلات خاصة بالأجسام المضادة و مستقبلات خاصة ببروتينات المتممة ، التي تساعد على التثبيت على الجسم الغريب و من ثم بلعمنه و تفكيكه بأنزيماتها الخاصة .

تتميز بنشاط كبيرة حيث تنتقل إلى المواقع التي تتواجد فيها أجسام غريبة ، كما تتميز بقدرة إفرازية عالية و من بين أهم المواد التي تفرزها الأنتروكين-1 الذي ينشط الخلايا اللمفاوية T و تفرز عامل تنشيط خلايا نقي العظام (CSF) .

تشارك في التفاعلات المناعية الإنتهائية و تعمل على تنظيف مكان الإنتهاب من الأجسام الغريبة . عملية تثبيت الأجسام الغازية الغريبة من أجل تسهيل البلعمة شهاها فيها الأوسونين (جسم مضاد و المتممة) هذه الأخيرة تكون متوضعة على سطح الجسم الغريب ، بعد عملية تفكك البروتينات الغريبة (الأجسام الغريبة) تساهم البالعة الكبيرة في تطور التفاعلات المناعية النوعية ، و هذا بقيامها بعرض مولد الضد (محددات مولد الضد) مرتبط مع جزيئات نظام CMH-II و مثبتة على غشائها على الخلايا اللمفاوية T ،حتى تتمكن الخلايا اللمفاوية من التعرف على مولد الضد للقيام بتفاعلات مناعية نوعية ضد مولد الضد الذي تعرفت عليه .



* **الخلايا اللمفاوية** **lymphocyte** : تنتمي إلى خلايا الجهاز المناعي ، يتمل دورها في الدفاع عن العضوية ضد العوامل الممرضة (الأجسام الغريبة) . تنتمي الخلايا اللمفاوية إلى مجموعة كريات الدم البيضاء **leucocytes** و هي تمثل من 20 % إلى 30 % من كريات الدم البيضاء و إن أهم ما يميزها هو حجمها الصغير (من 7 إلى 9 ميكرومتر قطرا) ، و نواتها الكروية ذات الحجم الكبير ، و كذا هيولها القليلة و التي تتصف بقلّة النحيب .

يتواجد عدة أنواع من الخلايا اللمفاوية و العمايزة عن بعضها من حيث الوظيفة التي تؤديها أثناء الرد المناعي و من حيث مؤشرات السطحية CD أي (**classe de différenciation**) و التي تتبع برقم ٠ إن هذه المؤشرات عبارة عن جزيئات تحدد مجموعة من الخلايا اللمفاوية ذات خصائص متماثلة .كل الخلايا اللمفاوية تنشأ من خلايا جذعية لمفاوية متواجدة في نقي العظام .

1. **اللمفاويات B** :هذه الخلايا المناعية تمثل حوالي 10 % من الخلايا اللمفاوية المتقلة في الدم ، و هي تنشأ و تكتسب خصائصها المناعية على مستوى نقي العظام اللمفاويات B مسؤولة على الرد المناعي الخلوي و هي متخصصة في إنتاج الأجسام المضادة و إفرازها و هذا بعد أن تتحول إلى **خلايا بلازمية** . نشاطها يتم بعدة طرق .

اللمفويات B تحمل على غشائها الخارجي غلوبولينات مناعية - أجسام مضادة (immunoglobulines) أو مستقبلات مولد الضد . كل خلية لمفاوية تمتلك غلوبولين مناعي خاص بها . عندما يتكامل أحد هذه الغلوبولينات المناعية مع مولد ضد منتقل في الدم فإن هذا يعني بالنسبة لها إشارة للبدء في إنتاج الأجسام المضادة بكمية كبيرة ، تكون من حيث البنية متماثلة لذلك الذي يتواجد على سطحها و قد تكامل مع مولد الضد (الجسم الغريب) ، تحرر هذه الأجسام المضادة في العضوية و تعمل على مقاومة الأجسام الغريبة . كل الخلايا اللمفاوية الناتج عن تكاثر إحدى الخلايا اللمفاوية B تشكل مجموعة تمتلك نفس الخصائص و نفس المهمة .

* **خلايا بلازمية** :ناتجة عن تحول الخلايا اللمفاوية B ، ذات حجم معتبر بيضوية الشكل يتراوح قطرها ما بين 12 و 15 ميكرومتر،نواتها جانبية التوضع و مادتها الصبغية كثيفة . تتميز بشبكة فعالة و جهاز كولجي نامين و لهذا علاقة بنورها الإفرازي الكبير .

2.**اللمفاويات T** : خلايا مناعية تنشأ من خلايا جذعية لمفاوية متواجدة في نقي العظام ، ثم تهاجر إلى الغدة الليمفية ، حيث تتخصص و تكتسب هناك قدراتها المناعية، تتميز اللمفاويات T إلى مجموعتين خلويتين مسؤولتان على الرد المناعي الخلوي

أ.**اللمفاويات CD4T المساعدة** : متخصصة في إفراز السيئوكينات أو الأنتروكينات ، جزيئات تمكنها من التنسيق مع الخلايا الأخرى المكلفة بالقضاء على مولد الضد

ب.**اللمفاويات CD8 T** : تضم نوعين من الخلايا هما :

- * **اللمفاويات T السمية (cytotoxiques)** : لها القدرة على قتل الخلايا المصابة بالفيروسات.....
 - * **اللمفاويات T المثبطة (suppresseurs)** : دورها مراقبة تطور الرد المناعي .
- مثالها مثل الخلايا اللمفاوية B فإن الخلايا اللمفاوية T تمتلك مستقبلات غشائية خاصة بها تسمى (TCR) خاصة بالتعرف على مولد الضد بالإضافة إلى مستقبلات نظام CMH و الذي تعمل فيما بعد على مقاومته . ومن المعلوم أن عملية التعرف على مولد الضد من طرف الخلايا اللمفاوية T تتطلب أولا عرضه من طرف خلايا خاصة مثل الخلايا البالعة الكبيرة ، هذه الأخير تعمل على تفكك مولد الضد (الجسم الغريب) ثم عرض محدثاته على غشائها الهيولي وهي متحدة مع جزيئات المعقد الأكبر للتوافق النسيجي (CMH) .

الخلايا الأخرى :

* **الخلايا القاتلة الطبيعية NK** : و هي خلايا تنتمي إلى الخلايا اللمفاوية T و تشارك معها في بعض المؤشرات الغشائية ، تتميز بقدرة الكبيرة على إفراز مواد سامة (تحدث نقوب في الغشاء الهيولي للخلايا المستهدفة ، مما يسبب الصدمة الطولية) ، حيث تتخصص في قتل الخلايا المصابة بالفيروسات أو الخلايا السرطانية يمكن الرفع من قدراتها على القتل من خلال الأنتروكينات المفروزة من طرف الخلايا اللمفاوية T .

ملاحظة : الخلايا القاتلة الطبيعية NK تستعمل اليوم في العلاج من بعض السرطانات .

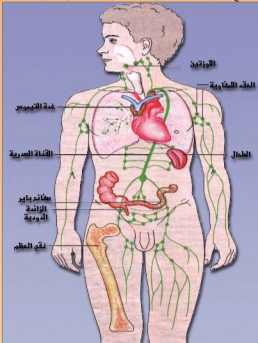
يمثل الجدول التالي أهم الخلايا المناعية ، تحديد مدة حياتها و الدور المناعي الذي تقوم به

نوع الخلية	مدة الحياة	دورها
خلايا أحادية النواة	من عدة أشهر إلى عدة سنوات	القضاء على الأجسام الغريبة
خلايا حبيبية متعادلة	7 ساعات إلى عدة أيام	تفرز إنزيمات الحمضات لتفكيك الجراثيم
خلايا حبيبية حمضية	من 8 إلى 12 يوم	تتدخل في الدفاع ضد الطفيليات بلعمة المعقدات (مولد ضد جسم مضاد) لتفكيكها لتفكيكها
خلايا حبيبية قاعدية	?	تفرز إنزيمات الحمضات لتفكيك الجراثيم
خلايا لمفاوية B	من عدة أيام إلى عدة سنوات	تتدخل في الدفاع ضد الطفيليات ذات السطحية المخاطية
خلايا لمفاوية T	من عدة أيام إلى عدة سنوات	تتدخل في الدفاع ضد الطفيليات ذات السطحية المخاطية

* الأعضاء المتدخلة في المناعة :

١. الأعضاء المركزية : والتي تتمثل في نقي العظم و الغدة السعترية (التيموسية) :

أ. نقي العظام : في نقي العظم تنشأ جميع الخلايا المناعية بكل أنواعها : اللمعيات المختلفة و اللغفاويات والخلايا



للمفاوية B تتميز على مستوى نقي العظام -أسا في الغدة السعترية فتتمايز على مستواها لخلايا T .

* المعاملة بالإشعاعات :

يستج عن معاملة حيوان ما بإشعاعات أيونية وقف جميع التفاعلات المناعية ، حيث يلاحظ سداقص حاد في عدد الخلايا للمفاوية و هذا في كل الأعضاء للمفاوية ، بالإضافة إلى توقف الانقسامات الخلوية في نقي العظام و هذا ما يؤدي إلى موت هذا الحيوان لاحقا .

يسمح حقن نقي العظام مأخوذ من حيوان ينتمي إلى نفس سلالة الحيوان المعامل بالإشعاعات بإعادة تشكل نقي العظام الجنيد و يظهر مختلف أنواع الخلايا المناعية - الأمر الذي يمكن هذا الحيوان من إستعادة قدرته المناعية

الخلاصة : نقي العظام هو مصدر كل الخلايا المناعية (تأكيد الكلام السابق) .

ملحظة : تستعمل تقنية التجربة السابقة في علاج مرضى سرطان الدم (إبيضاض كريات

الدم البيضاء) . حيث يلجأون إلى معاملة المريض بالإشعاعات بغرض قتل كل الخلايا الدموية (المريضة و السليمة) و كذلك قتل الخلايا الأصلية لكريات الدم المختلفة و المتواجدة في نقي العظام (يحجز هذا الإنسان ضمن مكان معقم طيلة مدة العلاج ، لأنه يصبح بلا جهاز مناعي) ، ثم يحقن له نقي عظام آخر سليم من شخص متبرع يماثله من حيث محدودات نظام ال CMH أو يكون قريب جدا منه . وبعد مدة زمنية (عدة أسابيع) ، تستقر الخلايا الأصلية المحقونة في مكانها الطبيعي ، و تبدأ في إنتاج مختلف الخلايا المناعية و كريات الدم الحمراء .



من جزئين متطولين يربطهما نسيج ظام - تولد مع الجنين ، ثم يزداد حجمها حتى سن البلوغ - بعد فترة إستقرار في حجمها و مع تقدم الإنسان في السن يبدأ هذا العضو المناعي في التناقص و تقل فاعليته بشكل واضح عند الأشخاص لطاعين في العمر .

*** نتائج إستئصال الغدة التيموسية :** ينتج عن إستئصالها عند

الفأران الفتية ، نوعين من النتائج :

أ. سداقص عدد الخلايا للمفاوية المتقلة في الدم .* لفقدان تام للتفاعلات المناعية ذات الوساطة الخلوية ، و يصبح للفأر عاجز عن رفض الطعم .

ب. لا يتأثر كثيرا تشكل الأجسام المضادة .

التفسير : تستدخل الغدة التيموسية في التفاعلات المناعية ذات

الوساط الخلوية (بتدخل الخلايا للمفاوية T السمية) وهذا ما يؤكد أنه على مستواها تخصص الخلايا للمفاوية T .

2. الأعضاء اللمفاوية المحيطة : و تشمل العقد اللمفاوية ، الطحال ، الوزتان .

أ. العقد اللمفاوية : أعضاء لمفاوية مستديرة ذات لون أبيض يتراوح قطرها ما بين 1 و 25 ملم أما عددها فيتراوح ما بين 400 و 600 عقدة و تتجمع على مستوى ثنية الفخذ ، الإبط العنق و على مستوى الأمعاء . يحيط بكل عقدة نسيج ضام يحدد داخله حجرات ، تميز على مستوى كل حجرة منطقتين :



* إحداهما محيطية نيرة : عبارة عن نسيج شبكي تحوي خلايا بالعة نشيطة و شبكتها تتضمن خلايا حرة متعددة النوى ، خلايا لمفاوية .

* الأخرى مركزية عتمة : تشكل الجريب تتضمن خلايا لمفاوية في مختلف مراحل التطور .

* وظائف العقد اللمفاوية :

* تعتبر مقر اندثار و تكاثر الخلايا المناعية . يتم على مستواها القضاء على البكتيريا و الأجسام الغريبة الأخرى المتواجدة في الدم (أحوائها على الخلايا البالعة الكبيرة) . تؤمن الخلايا للمفاوية للتفاعلات المناعية النوعية .

ب. الطحال : يؤمن الطحال وظيفتين مناعيتين هامتين :

* إنتاج أجسام مضادة و خلايا لمفاوية T ذات كفاءة مناعية ضد مولدات الضد التي تدخل العضوية عن طريق الدم .

* إقصاء الجسيمات الغريبة بواسطة الخلايا البالعة الكبيرة المتواجدة بأعداد كبيرة .

ج. الوزتان : تتميز عن العقد اللمفاوية بغياب الأوعية للمفاوية الواردة ووجود عدد كبير من الخلايا للمفاوية B.

التعرف على مولد الضد :

* التعرف على محددات البكتيريا ،

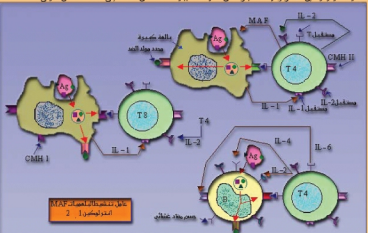
الخلايا السالعة هي متعددة الأنوية المتعادلة و البالعات الكبيرة المتواجدة في النسيج الرئوي و في الطحال وفي الكبد و في العقد اللمفاوية و أحادية النواة المتواجدة في الدم والكلى والدماغ .

* استنادا على المحددات الغشائية التي تحملها كل خلية كائن حي مهما كان نوعها ، و التي تختلف عن محددات نظام CMH الخاص بالإنسان فإن الخلايا المناعية (البالعات) تعتبر هذا الكائن جسم غريب عن العضوية مما يثير ضده إستجابة مناعية غير متخصصة .

و كمثل على هذه الآلية ، التفاعلات ضد البكتيريا . إن تفكيك بكتيريا عن طريق البلعمة تتطلب الهجرة الموجهة للبالعة باتجاه المكان الذي تتركز فيه البكتيريا تحت تأثير عامل كيميائي (C3a.C5a) يفرز بتنشيط المتممة من جدار البكتيريا والخمائر (candida.albicans) إن تثبيت البكتيريا يزداد بإرتباط العامل الكيميائي (C3b) من المتممة على المستقبل CR1- CR3 المتواجد على غشاء البالعة . ثم بعد ذلك تتم عملية بلعمة البكتيريا بتغليف الغشاء الهيولي للبالعة لجسم البكتيريا ، فتتكون داخل هيولى البالعة فجوة غذائية (بداخلها البكتيريا) هذه الأخيرة تهجمها أنزيمات محللة .

* كما هو واضح في الصورة المقابلة والتي لوحظت بالمجهر الإلكتروني الماسح فإن الخلايا البالعة الكبيرة تستطيع ابتلاع مجموعة من البكتيريا ، ثم تقوم بعد ذلك بعرض محددات هذه البكتيريا على الخلية للمقاومة T4 و هذا بالملامسة المباشرة بين غشاء الخلية العارضة و الخلية المتعرفة كما في الصورة .

الأنثروبوكينات: منو أن تم عزل مورثة l'IFNg سنة 1982 أكثر من 30 لمفوكين بشري تم نسخها ومن الناحية الكيميائية إن الأنثروبوكينات عبارة عن عديدات الببتيد مشكلة من 100 إلى 200 حمض أميني



الأنثروبوكين-1: تنتجه الخلايا البالعة أحادية النواة بعد تنشيطها بالبكتيريا أو بواسطة الأنثروبوكين-2 ، و يعمل على تنشيط الخلايا للمقاومة B.T ، رفع درجة حرارة الجسم ، تنشيط تشكل الخلايا المناعية .

الأنثروبوكين - 2 : برووتين سكري تنتجه الخلايا للمقاومة T المنشطة ، يؤثر على مختلف الخلايا المناعية، يعمل على تنشيطها بعد إرتباطه بمستقبل خاص .

* **تحولات مولد الضد :** يتعرض مولد الضد (الجسم الغريب) لعدة تحولات بعد أن يتم التفاعل به من طرف الخلايا العارضة لمولد الضد (CPA) و هذا قبل عرضه (تقديمه) على الخلايا للمقاومة T. إن التحولات هذه تتطلب مجموعة من التفاعلات الكيميائية داخل الخلايا المنشطة ، تشمل أربع مراحل هي : بلعمة مولد الضد ، ثم تفكيكه بواسطة الأنزيمات إلى قطع أو جزيئات داخل الخلايا ، ربط أو ضم هذه القطع (الغريبة) مع جزيئات الـ CMH المصنف II ، هجرة المعقد (ببتيد -

جزيئات CMH-II) إلى سطح الغشاء الخارجي (CPA) ، وهذا من أجل تقديمه للمستقبلات الغشائية الخاصة بالخلايا للمقاومة T .

* **المرحلة الأولى :** أي تثبيت مولد الضد، تتم عن طريق مستقبلات غير متخصصة متواجدة على أغشية الخلايا (CPA) . بالإضافة إلى طرق لا تزال غير موضحة تماما . علما أنه كلما كان حجم الجسم الغريب كبير ، كانت عملية التثبيت سهلة .

* **المرحلة الثانية :** تتمثل في تشكيل فجوة هاضمة بداخلها الجسم الغريب ، الذي يتعرض للتفكيك تحت تأثير حويصلات تحوي أنزيمات خاصة (البروتياز) متحولا إلى قطع ببتيدية .

* **المرحلة الثالثة :** تتمثل في ضم القطع الببتيدية و المشكلة من 10 إلى 15 حمض أميني - تمثل محددات مولد الضد - مع جزيئات CMH-II .

* **المرحلة الرابعة :** يتم خلالها هجرة المعقد (محدد مولد الضد - جزيئات CMH-II) و توضع على الغشاء الهيولي للخلية العارضة لمولد الضد مما يمكنه من الاتحاد مع المستقبل الغشائي للخلية للمقاومة Th .

مع ملاحظة إن جزيئات CMH الخاصة بالخلية للمقاومة T تنتمي إلى نفس نوع هذه الجزيئات المتواجدة على أسطح الخلايا العارضة لمحددات مولد الضد

* التعرف الخلية للمقاومة B على مولد الضد :

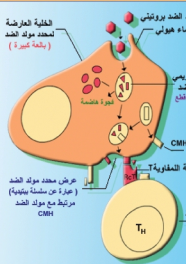
تستطيع الخلايا للمقاومة B التعرف على مولد الضد (محددات مولد الضد) المعزول باستعمال مستقبلاتها الغشائية من النوع IgM المتخصصة المتواجدة على غشاءها الخارجي ثم بعد ذلك تقوم هذه الخلايا بعملية إقتناص هذه المحددات و عن طريق آليات التعبير الوراثي تصنع جزيئات نظام CMH-II و تعمل على ربط محددات مولد الضد عليها ثم تثبت الكل على غشائها الخارجي ليتم عرضها على الخلايا للمقاومة T4 . هذه الأخيرة و بواسطة مستقبلاتها الغشائية النوعية TcR تستطيع التعرف على محدد مولد الضد المعروض كما هو مبين في الصورة

* تعرف الخلية للمقاومة T على مولد الضد :

عملية التعرف على مولد تتم بفضل بنيات خاصة يحملها مولد الضد و المستقبل الغشائي الخاصة بالخلية للمقاومة T و المعروف بـ TcR ، و يشترط أثناء عملية التعرف ، أن يتم عرض محدد مولد الضد مرتبط مع جزيئات نظام الـ CMH-I أو CMH-II على أغشية الخلايا المقدمة (عارضة) لمحدد مولد الضد و هي :

أحادية النواة ، السالعة الكبيرة أو للمقاومة B ، أو الخلايا السرطانية و كل خلية حقيقة النواة مثل الخلايا المصابة بالفيروسات عملية التعرف هذه ضرورية لبدء الرد المناعي ذو الواسط الخلوية بمجرد التعرف على مولد الضد تنشيط الخلايا للمقاومة T و تبدء في الانقسام مما يسمح بظهور خلايا لمقاومة T فعالة تعمل نفس TcR و هي التي تضمن إقصاء مولد الضد الذي نشطة ضده . مثال على هذه طريقة يمكن ملاحظته في مقاومة الفيروسات : حيث وبمجرد تمكن فيروس من النخول إلى إحدى خلايا العضوية فإن محدداته تفكك و تعرض على سطح الخلايا المصابة مرتبطة مع جزيئات CMH-I و بعدها ترتبط أي المحددات مع TcR النوعية . إن الشرط الأساسي لعملية التعرف هذه ، هو هوية جزيئات الـ CMH للخلية للمقاومة T و الخلايا العارضة لمولد الضد (تم الكشف عنها في سنة 1975)

ملاحظة : الخلايا للمقاومة T8 (السمية) تتعرف على مولد الضد المرتبط مع جزيئات CMH-I المتواجد على أغشية جميع خلايا العضوية ، في حين أن الخلايا للمقاومة T4 تتعرف على مولد الضد المرتبط مع جزيئات CMH-II الخاص بالخلايا المناعية .



البلعمة الخلوية ثم عرض مولد الضد



الأنثروبوكين-1: تنتجه الخلايا البالعة أحادية النواة بعد تنشيطها بالبكتيريا أو بواسطة الأنثروبوكين-2 ، و يعمل على تنشيط الخلايا للمقاومة B.T ، رفع درجة حرارة الجسم ، تنشيط تشكل الخلايا المناعية .

الأنثروبوكين - 2 : برووتين سكري تنتجه الخلايا للمقاومة T المنشطة ، يؤثر على مختلف الخلايا المناعية، يعمل على تنشيطها بعد إرتباطه بمستقبل خاص .

* **تحولات مولد الضد :** يتعرض مولد الضد (الجسم الغريب) لعدة تحولات بعد أن يتم التفاعل به من طرف الخلايا العارضة لمولد الضد (CPA) و هذا قبل عرضه (تقديمه) على الخلايا للمقاومة T. إن التحولات هذه تتطلب مجموعة من التفاعلات الكيميائية داخل الخلايا المنشطة ، تشمل أربع مراحل هي : بلعمة مولد الضد ، ثم تفكيكه بواسطة الأنزيمات إلى قطع أو جزيئات داخل الخلايا ، ربط أو ضم هذه القطع (الغريبة) مع جزيئات الـ CMH المصنف II ، هجرة المعقد (ببتيد -

جزيئات CMH-II) إلى سطح الغشاء الخارجي (CPA) ، وهذا من أجل تقديمه للمستقبلات الغشائية الخاصة بالخلايا للمقاومة T .

* **المرحلة الأولى :** أي تثبيت مولد الضد، تتم عن طريق مستقبلات غير متخصصة متواجدة على أغشية الخلايا (CPA) . بالإضافة إلى طرق لا تزال غير موضحة تماما . علما أنه كلما كان حجم الجسم الغريب كبير ، كانت عملية التثبيت سهلة .

* **المرحلة الثانية :** تتمثل في تشكيل فجوة هاضمة بداخلها الجسم الغريب ، الذي يتعرض للتفكيك تحت تأثير حويصلات تحوي أنزيمات خاصة (البروتياز) متحولا إلى قطع ببتيدية .

* **المرحلة الثالثة :** تتمثل في ضم القطع الببتيدية و المشكلة من 10 إلى 15 حمض أميني - تمثل محددات مولد الضد - مع جزيئات CMH-II .

* **المرحلة الرابعة :** يتم خلالها هجرة المعقد (محدد مولد الضد - جزيئات CMH-II) و توضع على الغشاء الهيولي للخلية العارضة لمولد الضد مما يمكنه من الاتحاد مع المستقبل الغشائي للخلية للمقاومة Th .

مع ملاحظة إن جزيئات CMH الخاصة بالخلية للمقاومة T تنتمي إلى نفس نوع هذه الجزيئات المتواجدة على أسطح الخلايا العارضة لمحددات مولد الضد

* التعرف الخلية للمقاومة B على مولد الضد :

تستطيع الخلايا للمقاومة B التعرف على مولد الضد (محددات مولد الضد) المعزول باستعمال مستقبلاتها الغشائية من النوع IgM المتخصصة المتواجدة على غشاءها الخارجي ثم بعد ذلك تقوم هذه الخلايا بعملية إقتناص هذه المحددات و عن طريق آليات التعبير الوراثي تصنع جزيئات نظام CMH-II و تعمل على ربط محددات مولد الضد عليها ثم تثبت الكل على غشائها الخارجي ليتم عرضها على الخلايا للمقاومة T4 . هذه الأخيرة و بواسطة مستقبلاتها الغشائية النوعية TcR تستطيع التعرف على محدد مولد الضد المعروض كما هو مبين في الصورة

* تعرف الخلية للمقاومة T على مولد الضد :

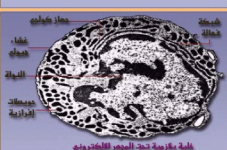
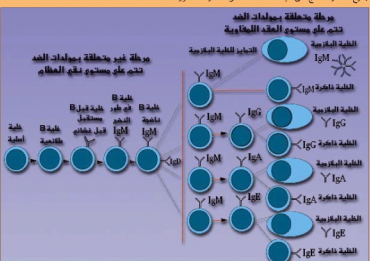
عملية التعرف على مولد تتم بفضل بنيات خاصة يحملها مولد الضد و المستقبل الغشائي الخاصة بالخلية للمقاومة T و المعروف بـ TcR ، و يشترط أثناء عملية التعرف ، أن يتم عرض محدد مولد الضد مرتبط مع جزيئات نظام الـ CMH-I أو CMH-II على أغشية الخلايا المقدمة (عارضة) لمحدد مولد الضد و هي :

أحادية النواة ، السالعة الكبيرة أو للمقاومة B ، أو الخلايا السرطانية و كل خلية حقيقة النواة مثل الخلايا المصابة بالفيروسات عملية التعرف هذه ضرورية لبدء الرد المناعي ذو الواسط الخلوية بمجرد التعرف على مولد الضد تنشيط الخلايا للمقاومة T و تبدء في الانقسام مما يسمح بظهور خلايا لمقاومة T فعالة تعمل نفس TcR و هي التي تضمن إقصاء مولد الضد الذي نشطة ضده . مثال على هذه طريقة يمكن ملاحظته في مقاومة الفيروسات : حيث وبمجرد تمكن فيروس من النخول إلى إحدى خلايا العضوية فإن محدداته تفكك و تعرض على سطح الخلايا المصابة مرتبطة مع جزيئات CMH-I و بعدها ترتبط أي المحددات مع TcR النوعية . إن الشرط الأساسي لعملية التعرف هذه ، هو هوية جزيئات الـ CMH للخلية للمقاومة T و الخلايا العارضة لمولد الضد (تم الكشف عنها في سنة 1975)

ملاحظة : الخلايا للمقاومة T8 (السمية) تتعرف على مولد الضد المرتبط مع جزيئات CMH-I المتواجد على أغشية جميع خلايا العضوية ، في حين أن الخلايا للمقاومة T4 تتعرف على مولد الضد المرتبط مع جزيئات CMH-II الخاص بالخلايا المناعية .

مرحلة تمايز خلايا المناعة :

1. **تمايز الخلايا اللمفاوية B :** إن المراحل المركزية لتمايز الخلايا اللمفاوية B تتم على مستوى كبد الجنين و بعدها في نقي العظام . الخلايا الأصلية يتم نضجها بعد المرور بمرحلة (خلية قبل لمفاوية B) ، ثم مرحلة خلية لمفاوية B غير ناضجة و تتميز بوجود الجسام المضاد من النوع IgM على سطح غشائها . ثم مرحلة خلية لمفاوية B بالغة و التي يميزها تواجد جسم مضاد آخر على غشائها هو IgD . إن هذه الأجسام المضادة تلعب دورا كـ مستقبلات الغشائية لمولد الضد : إنها البنى التي التعرف التي تستعملها اللمفاوية B للإرتباط على محدد واحد لمولد الضد (الجسم الغريب) . هذه الخصائص تميز كل الخلايا المنتمية لنفس المجموعة ، أي جميع الخلايا الناتج عن الإنقسامات المستمرة للخلية اللمفاوية B .



* المراحل اللاحقة لعملية تمايز الخلية اللمفاوية B ينتج عنها خلايا لمفاوية B الذاكرة و خلايا بلازمية منتجة للأجسام المضادة ، و هي تتم بشكل خاص في الأعضاء اللمفاوية الثانوية المجاورة للطحال ، العقد اللمفاوية .
* عمليات التمايز هذه يتم بفضل عوامل محفزة (منشطة) و التي يمكن تقسيمها إلى نوعين هما :

أ. **مولدات الضد :** و التي تنشط عدد قليل من الخلايا اللمفاوية B الحاملة على

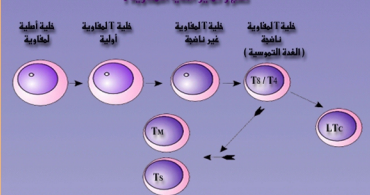
غشائها المستقبلات Ig و التي تتوافق نوعيا مع محددات مولد الضد لتتحول إلى خلايا بلازمية منتجة للأجسام المضادة . هذه الأجسام المضادة المنتجة تماثل تلك التي تحملها الخلايا اللمفاوية B المنشطة .

ب. **الأنترولوكينات :** وهي (IL2 , IL4 , IL5 , IL6) التي تستجها الخلايا اللمفاوية T . و قد تكون هذه العوامل المحفزة عبارة عن إفرازات البكتيريا و بعض الفيروسات (فيروس إشتاين) .

* البرد على مولد الضد أو الإستجابة لمعامل التنشيط تتطلب تواجد خلايا مساعدة و منظمة مثل : الخلايا البالعة أحادية السنواة ، الخلايا العارضة لمولد الضد على الخلايا اللمفاوية B و المفرزة للوسائط الكيميائية مثل الأنتروكين-1 و الذي يعمل على تنشيط الخلايا B . و كذلك الخلايا T المساعدة .

2. **تمايز الخلايا اللمفاوية T :** انطلاقا من الخلايا الأصلية لنقي العظام تنشأ خلايا تسمى خلايا قبل T أو الخلايا اللمفاوية T الطلائعية ، التي تهاجر نحو الغدة التيموسية حيث تتضاعف . في حين تشرع في التمايز بمجرد ملامستها للخلايا (المحروسة) . نضج هذه الخلايا يتم انطلاقا من المناطق المحيطة للغدة التيموسية في اتجاه المركز عسدد قليل من الخلايا T الناتجة عن الإنقسام داخل الغدة تكمل تمايزها ثم تهاجر عن طريق الدم إلى الأعضاء اللمفاوية و إلى النورة الدموية .

نضج و تمايز الخلايا اللمفاوية T



* إن تمايز هذه الخلايا يتضح من خلال إمتلاكها لخصائص وظيفية أثناء الرد المناعي . هذا التمايز يتم بشكل عدد من المؤشرات المعروفة ، الأمر الذي أدى إلى التعرف على عدد من الجزيئات المتكاملة في تنشيط الخلايا T و التي منها المستقبلات الغشائية للخلايا اللمفاوية T و المعروفة (TCR) ، مستقبلات الأنتروكين-2 و مستقبلات المتممة ، وكذلك مستقبلات الأجسام المضادة .

إن الخصائص الوظيفية التي تمتلكها كل خلية لمفاوية T أثناء نضجها تتعلق أولا بالترعرف على مولد الضد و ثانيا بمهام التنظيم و فاعلية .

أ. **مهام التنظيم التي تؤديها الخلايا T :** تتعلق بنوع الفعل الذي تقوم به الخلية T سواء كانت Th (المساعدة) أو Ts (المنظمة) و التي تمارس خلال مختلف الردود المناعية :

إنتاج الأجسام المضادة ، رفض الطعم ، تمايز الخلايا السمية ، و هذا يدل على وجود مظاهر للتعاون بين الخلايا المناعية (T-B , T-T , T-macrophage) ، و هذا إما بالتلامس المباشر أو بالوسائط .

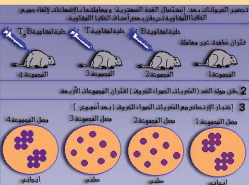
ب. **مهام الفاعلية التي تؤديها الخلايا T :** و المتمثلة في إنتاج الوسائط الكيميائية (اللمفوكينات) و السموم في حالة وجود مولد الضد النوعي أو في إنتاج عوامل التنشيط .

* **اللمفوكينات :** مواد كيميائية تفرزها الخلايا اللمفاوية و التي تثير على العديد من أنواع الخلايا : أحادية النواة بالعات الكبيرة ، اللمفاويات T-B ، و متعددات الأتوية . كما تساهم في مقاومة البكتيريا .

* **السموم :** تستجها الخلايا Tc السمية و تعمل على قتل (تعطيل) الخلايا المصابة بالفيروسات و الخلايا السرطانية و خلايا الطعم الغريب ...

* **الخلايا Th المساعدة (CD4) :** تصنف حسب السيتوكينات التي تفرزها بعد تنشيطه بمولد الضد إلى نوعين هما :
* الخلايا Th1 : تفرز الأنتروكين-2 و IFNγ (عامل تنشيط المناعة النوعية) و تراقب تفاعلات الحساسية المتأخرة .

* الخلايا Th2 : تفرز الأنتروكين-4 و 5 و 6 و 10 ، تراقب إنتاج الأجسام المضادة و تفاعلات الحساسية .



تحول الأرومة : تمرين منجم .
يلخص الشكل التالي تجربة محققة على الفئران .

* علما أن اختبار ارتصاص الكريات الحمراء الإيجابي شاهد على التفاعلات المناعية العادية فما هي الخلاصات التي يمكن استنتاجها من نتائج هذه التجربة ؟
* إن التعرف على مولد الضد من طرف الخلايا اللمفاوية لا يكفي لإثارة تكاثرها .
النتيجة : إن كلا من اللمفاويات T و B ضروريان لحدوث الاستجابة المناعية .

التعارف بين الخلايا (عمل السيتوكينات) :

السيتوكينات (الأنترولوكينات) : جزيئات مفرزة من طرف الخلايا اللمفاوية و الخلايا البالعة الكبيرة هذه الجزيئات لها دخل في تطور و تنظيم الإستجابة المناعية ، السيتوكينات عبارة عن ببتيدات ، (أي جزيئات بروتينية صغيرة مألقة من إتحاد عدد من الأحماض الأمينية) و تتوضع على الخلايا المتنوعة التي تمتلك مستقبلات نوعية خاصة بكل نوع من السيتوكينات . بعض السيتوكينات تأخذ إسمها من الوظيفة الأساسية (أنترفيرون : عامل قتل الأورام) و البعض الآخر يحمل الإسم الوراثي (أنترلوكين ، من 1 إلى 13) .

أنواع السيتوكينات : يمكن تقسيم السيتوكينات على عدة أقسام بناءا على الوظائف البيولوجية التي تؤديها .

1. **السيتوكينات قبل الإتهاب (أنترلوكين 1 و 6 و كذلك 8)** عامل القضاء على الأورام عامل تنظيم الحمى الإنتهابية ، تنظيم إنتاج الخلايا الدموية .

2. **السيتوكينات المنظمة للرد المناعي :** (الأنترلوكين 2 و 4 و 5 و 7 و 10 و 12) تنظم خاصة إنتاج الخلايا المناعية ، كما توجه تمايزها إلى خلايا قاتلة و خلايا منتجة للأجسام المضادة .

3. **السيتوكينات التي تضمن مقاومة الجسم إتهام العوامل الممرضة و السرطانات :** .

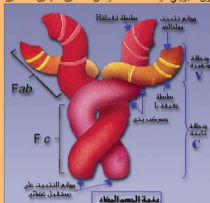
لها دور في تعديل الرد المناعي و كذلك الإشراف على النشاط العصبي الغدي . إفرازها يتم عند تنبيه الخلايا المفرزة لها بالملاصمة مع مولد الضد أو مع سيتوكين آخر . عندما ينتج السيتوكين على المستقبل الغشائي النوعي الخاص به يؤدي ذلك إلى نشاط أنزيمي داخل الخلية ، الأمر الذي ينشط أو يعدل نشاط نوع ما من الخلايا . السيتوكينات تعمل على تنسيق تدخل مختلف الخلايا المناعية أثناء إي إستجابة مناعية .

الجدول التالي يظهر أهم الأنترولوكينات و الخلايا المفرزة لها :

الأنترولوكين	الخلايا المفرزة	الوظيفة البيولوجية
الأنترلوكين-1	الخلايا أحادية النواة البالعات الكبيرة	تنشيط تكاثر الخلايا اللمفاوية B , T
الأنترلوكين-2 و IFN	الخلايا اللمفاوية Th1 البالعات الصغيرة و الكبيرة	تنشيط الرد المناعي الخلوي تنشيط تمايز اللمفاويات T ، تنشيط اللمفاويات NK
الأنترلوكين-4 و 13	الخلايا اللمفاوية Th2 الخلايا القاعدية،الماستوسيت	عامل تكاثر اللمفاويات B-T ، ينشط إنتاج IgE يوقف إفراز IL-6 , IL-1
الأنترلوكين-6 و 10	الخلايا اللمفاوية Th2	وقف إفراز IFN ، ينشط تمايز اللمفاويات B وقف تكاثر اللمفاويات T

ملاحظة : يمكن مخبرياً تصنيع السيتوكينات التي تستعمل في علاج السرطانات و مختلف الأمراض المناعية .

يعتبر الجسم المضاد من النوع IgG أكثر أنواع الأجسام المضاد المفردة من طرف الخلايا البلازمية في البلازما . تم الكشف عنه ما بين 1958 و 1961 من طرف العالمين (بورتر و نيدلمان) ، الأمر الذي مكّنهما من الحصول على جائزة نوبل للعلوم سنة 1972. IgG جزيئة ذات وزن الجزيئي 150000 دالتون، وهو مكون من سلسلتين ثقيلتين متماثلتين شكلهما (H) الوزن الجزيئي للوحدة 52000 و من سلسلتين خفيفتين متماثلتين شكلهما (L) الوزن الجزيئي للوحدة 23000 .



السلاسل تربطها جسور كبريتية . يحمل الجسم المضاد موقعين متماثلين لتثبيت مولد الضد . من المعلوم أن IgG ذو تناظر جانبي لأن بنيتها تشبه الحرف (Y)

يمكن و باستعمال أيزيم خاص تفكيك جزيئة IgG إلى ثلاث قطع ، إثنان من هذه القطع تحوي كل واحدة سلسلة L و النصف الأول من السلسلة H كما أن كل واحدة من هتان القطعتان تحوي موقع لتثبيت مولد الضد أي المنطقة المسماة (Fab) . القطعة الثالثة مكونة من التقصيف النهائية السلسلة H و الحاوية على الموقع الخاص بتثبيت بروتينات المتممة و المعروف بالاسم (Fc) .

الأبحاث التي تمت خلال سنة 1965 بينت أن السلسلتين الخفيفتين مكونتين من 214 حمض أميني ، نصفها ثابت في جميع السلاسل أي

107 حمض أميني ، و النصف الآخر متغير . مما مكن من الإستنتاج أن السلاسل الخفيفة L مكونة من منطقة متغيرة (V) و منطقة ثابتة (C) نفس النتيجة تم التوصل إليها بالنسبة للسلاسل الثقيلة H ، حيث وجد أن المنطقة المتغيرة مشكلة من 110 إلى 120 حمض أميني ، و المنطقة الثابتة من 330 حمض أميني . و هذا م يمكن من الحصول على عدد كبير جدا من الأجسام المضادة من نفس النوع IgG (من حوالي 20000 مورثة يمكن الحصول على عدد من الأجسام المضادة يصل إلى 10^8 جزيئة) .

* الجزيئات الفعالة في الرد المناعي الخلطي هي الأجسام المضادة (immunoglobulines) المتواجدة في البلازما و في أغلب سائل اليبولوجية للعضوية مثل الحليب .

يتم تصنيعها و إفرازها من طرف الخلايا البلازمية و بكميات كبيرة ، حوالي 2000 جزيئة للخلية الواحدة . الخلايا البلازمية ناتجة عن تكاثر و تمايز الخلايا اللمفاوية B المنشطة نتيجة التعرف على مولد الضد بواسطة مستقبلاتها الغشائية النوعية . الأجسام المضادة المفردة ذات بنية معقدة بالمقارنة مع المستقبلات الغشائية النوعية الخاصة باللمفاوية B المستعملة في التعرف على مولد الضد ، غير أنها تتميز بنفس الخصائص تجاه مولد الضد و هذا يعني قدرتها على التثبيت على محدثات مولد الضد الذي كان سببا في إنتاجها .

* الأجسام المضادة : تصنف إلى 5 مجموعات اعتمادا على إختلاف سلاسلها الثقيلة ، IgM . IgA . IgG . IgE . IgD . هي مرتبة على حسب تركيزها في بلازما الدم عند الإنسان ، علما أن المناعة الخلطية يمكن نقلها بين شخصين أحدهما محصن ضد (التيفانوس ، فيروس) ، حيث في حالة حقن الشخص الغير محصن بدم الشخص المحصن ، يصبح للشخص الغير محصن محصن هو كذلك ، كما أن الأجسام المضادة تبقى فعالة حتى إذا كانت بعيدة عن الخلية المفردة لها .



إستنادا على بنيتها المضادة تضمن الأجسام المضادة التعرف على مولد الضد و مقاومة فعالة له .

1 - يتم التعرف على محدث مولد الضد عن طرق المنطقة المتغيرة من الجسم المضاد و بالستحيد في نهاية السلسلة الثقيلة و الخفيفة ، أي المنطقة المسماة (Fab) ، منطقة تثبت مولد الضد ، و هي خاصة بكل جزيئة مولد الضد و تختلف من جسم مضاد إلى آخر .

2 - المقاومة الفعالة لمولد الضد تضمنها المنطقة الثابتة لسلاسل الثقيلة أي المنطقة المسماة (Fc) المحددة لكل نشاط لمولد الضد ، إنها تمنح القدرة للجسم المضاد IgG للمرور عبر المشيمة . كما تمكن كل أنواع ال Ig من الإرتباط و التثبيت على مختلف الخلايا المناعية (القاعدية الحبيبية ، الماستوسيت ، أحادية النواة ، البالعة الكبيرة ، متعددة النواة و اللغويات) . كما تضمن بعض الأجسام المضادة (IgG . IgM) تثبيت بروتينات (أنزيمات) المتممة في المنطقة (Fc) و هذا على المعقد (جسم مضاد - مولد الضد) .

دور تفاعلات الجسم المضاد مع مولد الضد في المناعة النوعية :

الرد المناعي الخلطي يؤدي دورا أساسيا في مقاومة بعض الفيروسات و البكتيريا التي تتكاثر خارج خلايا العضوية (أغلب البكتيريا المرضية مثل : ستافيلوكوك ، سترپتوكوك ، كلوستريدي) ، في المقابل فإن مقاومة الفيروسات و البكتيريا التي تتكاثر داخل الخلايا (البالعات) و كذا مقاومة الأورام و خلايا الطعم يضمنها رد مناعي خلوي .

تتويع الأجسام المضادة المنتجة أثناء الرد المناعي الخلطي بتويع مولدات الضد المتعرف عليها و بتويع الكائنات الدقيقة أو الخلايا الحاملة لمحدثات مولد الضد .

* الأجسام المضادة المقاومة لمحدثات الضد الخاصة بالكائنات الدقيقة و المتواجدة على مستوى الأنسجة المخاطية هي من النوع IgA .

* الأجسام المضادة المقاومة للطفيليات و لمسببات الحساسية هي من النوع IgE .

* الأجسام المضادة من النوع IgM تختص في مقاومة مولدات الضد التي تدخل العضوية للمرة الأولى (الرد المناعي الأولي) ، كما تنصف بظهورها المبكر عند الجنين . بعد ذلك تظهر ال IgG أو أنواع أخرى IgM .

فعالة ضد العدوة البكتيرية و الفيروسية التي تتواجد مسبباتها في الدم و بذلك فهي تشكل خط الدفاع الأول كما أنها فعالة ضد الخلايا الحاملة لمحدثات غريبة عن الضوية مثل كريات الدم الخاصة بزرمة أخرى ، كما تحمل مواقع لتثبيت بروتينات المتممة .

الأجسام المضادة من النوع IgG تشمل عدة تحت وحدات منها (IgG1 . IgG2 . IgG3 . IgG4) ، تلعب دورها في حماية العضوية لقدرتها على تثبيت بروتينات المتممة . كما أنها تستطيع إختراق المشيمة و بالتالي حماية الجنين ، بالتعاون مع IgA المنقولة للجنين عن طريق الحليب .

* الطرق المختلفة لتدخلات الأجسام المضادة النوعية يكون بالتعاون مع بروتينات المتممة و تلخص كما يلي :

1 - الأجسام المضادة تعمل على شل النشاط البيولوجي (عن طريق تعطيل المواقع الفعالة) لمولدات الضد المسنطة مثل التوكسينات و الأنزيمات و إفرازات بعض البكتريات المسببة للدفتيريا و التيفانوس ... و تشكيل معقدات من الأجسام المضادة و مولدات الضد ، تعمل المعقدات على تسهيل البلعمة الخلوية ، خاصة إذا كان حجم المعقد معتبر نتيجة تثبت عدد كبير من الأجسام المضادة IgG بالإضافة إلى المتممة (C3b) .

2 - تنشيط (تركيز) البلعمة ، خطوات العملية تسمى (opsonisation) و الذي يخص عدد من البكتريا المحاطة بمحفظة واحدة (pneumocoques ، salmonelles) ، إن صلية بلعمة هذه الكائنات الدقيقة من طرف البالعات الكبيرة و متعددات الأنوية تكون صعبة جدا ، و لكن بمجرد تثبيت الأجسام المضادة IgG على محدثات هذه الكائنات تصبح البلعمة سهلة جدا ، نتيجة تثبيت المعقد المناعي من المنطقة (Fc) للجسم المضاد على مستقبلات نوعية تحملها أغشية الخلية البالعة ، و كذلك تنشيط المتممة و تثبيت جزيئاتها على المستقبلات الخاصة بها على الخلية البالعة في حين الأجزاء الأخرى للمتممة تتوضع على سطح البكتريا ، و تكون النتيجة هي شل و تفكيك البكتريا .



3 - الأجسام المضادة من النوع IgA و المتوفرة في الدم تعمل على تثبيت و وقف إنتشار البكتريا العالقة في الأنسجة المخاطية الهضمية و التنفسية مثل (streptocoques . bacille coquelucheux) . كما توقف إنتشار بعض الفيروسات عن طريق منعها من التوضع على مستقبلات غشائية متواجدة على خلايا العضوية ، مثل حالة فيروس الأنفوزة .



4 - تفكيك البكتيريا مباشرة عن طريق التعاون بين الأجسام المضادة و بعض أنزيمات المتممة ، و هذا بإحداث ثقب في غشاء البكتريا المستهدفة .

5 - تفكيك الخلايا حقيقيات النواة و بعض الطفيليات عن طريق السومية الخلوية المرتبطة بالأجسام المضادة و في بعض الأحيان تتدخل أنزيمات المتممة . الخلايا المستهدفة هي خلايا العضوية المتغيرة مثل الخلايا الورمية و كريات الدم البيضاء المخمجة المحاطة بالأجسام المضادة (IgG) . تعمل الخلايا القاتلة K و التي تحمل مستقبلات غشائية خاصة بالمنطقة (Fc) للجسم المضاد على الإرتباط بالخلية المستهدفة و من ثم تفكيكها .

* **المظهر الكمي للاستجابة الخلطية :** تسجح المعايير الدقيقة لمقارنة الاستجابات المناعية الخلطية المحصل



عليها نتيجة التماسات المتتالية مع نفس مولد الضد ، من إنجاز المنحنيات المعقدة في الوثيقة التالية .

* يؤدي التماس الأول مع مولد الضد إلى استجابة أولية التي تكون بطيئة الظهور ، إنها تظهر زمن ضائع ، ثم مرحلة تزايد تدريجي لنسبة الأجسام المضادة إلى غاية الحد الأعظمي للإنتاج ، و المتنوع بتناقص تدريجي .

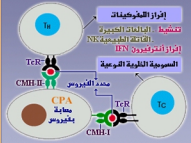
* يؤدي التماس الثاني مع نفس مولد الضد إلى استجابة ثانوية سريعة و أكثر أهمية ، وتكون أكثر ، لهذا تجري إعادة التلقيح .

التفسير : خلال التماس الأول مع مولد الضد ، فالبعض من الخلايا اللمفاوية التي تعرفت على مولد الضد المقدم من طرف الخلايا العارضة لمحدثات مولد الضد ، تدخل في الانقسامات الخلطية و تتمايز مرحليا إلى خلايا بلازمية مفردة للأجسام المضادة . عند إقصاء مولد الضد يبقى بعض الخلايا في فترة سكون لمدة أشهر أو سنوات في المرحلة التي وصلت إليها خلال التمايز .

يؤدي التماس الثاني مع نفس مولد الضد إلى إثارة فجائية (فورية) لنشاط الخلايا المتبقية في حالة سكون خلال تمايزها ، فتستكمل بذلك تمايزها و هذا ما يفسر مميزات الاستجابة الثانوية ، و هذا ما يعرف بالذاكرة المناعية تكسب هكذا صلية الوضع في الذاكرة للعضوية ، مناعة نوعية دائمة .

الرد المناعي الخلوي :

تُرجع الفاعلية الجزئية لهذا النوع من الرد المناعي النوعي للمستقبلات العشائية (TeR) المتواجدة على أغشية الخلايا للمقاومة T . إن الرد النوعي الذي تقوم به الخلايا للمقاومة T إتجاه مولد الضد يتم من خلال التماس المباشر بعد التعرف النوعي على محددات مولد الضد من طرف المستقبلات العشائية (TeR) الموافقة ، هذا التعرف الذي يختلف عن آلية تعرف المستقبلات العشائية للخلايا للمقاومة B على مولد الضد . بحث يعتبر تعرف (TeR) على محددات مولد الضد أكثر تعقيدا من الأول ، لأنها تشترط أن يقدم محدد مولد الضد مرتبطا مع جزيئات نظام الـ CMH-I أو CMH-II و معروض على سطح الغشاء الهولي لأحدى الخلايا المعارضة لمولد الضد ، و التي قد تكون : أحادية النواة ، بالغة كبيرة ، لمقاومة B ، خلية سرطانية (محددات السرطان) ، خلية مصابة بفيروس . بعد ذلك الخلايا للمقاومة T و التي تعرفت على مولد الضد تصبح منشطة و تدخل في سلسلة من الإنقسامات الخلوية مشكلة خلايا فعالة تحمل نفس TeR . هذه الأخيرة تتدخل للقضاء على مولد الضد الذي أدى إلى تشكلها .



تخصص الرد المناعي الخلوي : يتخصص الرد المناعي ذو الوسط الخلوية في مقاومة أنواع الخلايا التالية :

1. مقاومة خلايا العضوية المصابة بالفيروسات .
2. مقاومة خلايا السرطان .
3. مقاومة خلايا الجهاز الهضمي .
4. مقاومة خلايا الجهاز التنفسي .
5. مقاومة خلايا الجهاز الليمفاوي .
6. مقاومة خلايا الجهاز العصبي .
7. مقاومة خلايا الجهاز العضلي الهيكلي .
8. مقاومة خلايا الجهاز البولي .
9. مقاومة خلايا الجهاز البولي .
10. مقاومة خلايا الجهاز البولي .

تجربة لدينا ثلاثة أوساط حيوية لخلايا جلدية لفأر 1- المجموعة الأولى من خلايا لفأر المصاب بفيروسات A . 2- المجموعة الثانية من خلايا لفأر المصاب بفيروسات B . 3- المجموعة الثالثة من خلايا لفأر سليمة غير مصابة .

	محدد الفيروس A	محدد الفيروس B	محدد الفيروس A
خلايا غير مصابة	خلايا غير مصابة	خلايا غير مصابة	خلايا غير مصابة
خلايا مصابة	خلايا مصابة	خلايا مصابة	خلايا مصابة
خلايا غير مصابة	خلايا غير مصابة	خلايا غير مصابة	خلايا غير مصابة
خلايا مصابة	خلايا مصابة	خلايا مصابة	خلايا مصابة
خلايا غير مصابة	خلايا غير مصابة	خلايا غير مصابة	خلايا غير مصابة
خلايا مصابة	خلايا مصابة	خلايا مصابة	خلايا مصابة

الملاحظة : إن الخلايا LT كما هو مبين في الجدول لا تخرب إلا الخلايا المصابة بالفيروس و الذي سبق لها التعرف عليه حيث تقوم بإفراز بروتينات تدعى البروفورينات بعد أن تتصلق بالخلايا المصابة تتحول هذه البروتينات إلى أنزيمات تحدث ثقب في الخلية المستهدفة .

2 . مقاومة الخلايا التي بداخلها بكتيريا : تقوم الخلايا البالغة بلعمة جميع البكتيريا التي تدخل العضوية ثم تفككها عن طريق أنزيمات خاصة داخل الهولي الخلوية . غير أن بعض الأنواع البكتيرية (bacille tuberculeux) . تستطيع مقاومة هذه الأنزيمات و تتكاثر داخل الخلايا البالغة . علما أن المحددات البكتيرية تعرض على أغشية هذه الخلايا مرتبط مع جزيئات نظام CMH-II و هذا ما يمكن الخلايا للمقاومة Th من التعرف عليها ثم مقاومتها بأسلوب خاص تشترك فيه الخلايا T و الخلايا البالغة الكبيرة .

3 . مقاومة خلايا الطعم المغاير تستطيع الخلايا للمقاومة Th التعرف على المحددات التي تحملها أغشية خلايا الطعم فإذا كانت مغايرة لنظام CMH العضوية فأنها تعتبرها جسم غريب و تعمل على تفكيكها (رفض الطعم) .

ملاحظة 1 : في بعض الأحيان يحدث العكس حيث تقوم الخلايا المناعية الموجودة ضمن الطعم بهجوم خلايا العضوية . تعتبر هذه الحالة من أخطر التعقيدات التي تواجه عملية زرع نقي العظم للأشخاص المصابون بسرطان الدم أو الذين لديهم نقص مناعي حاد .

4 . مقاومة الخلايا السرطانية : تتميز هذه الأخيرة بمحددات تظهر على أغشيتها تختلف عن محددات CMH بمحددات السرطان و لهذا تعتبر جسم غريب يتم مقاومته .

* وجه آخر لستل الرد المناعي الخلوي و الأمر هنا يتعلق بأحد أمراض المناعة الذاتية و المعروف بإفراط الحساسية المتأخرة (HSR)

آلية الرد المناعي الخلوي : يتم الرد المناعي الخلوي وفق ليئين عمليتين هما :

1. التفكيك المباشر للخلايا الحاملة لمولد الضد من طرف الخلايا للمقاومة .
2. تقوم الخلايا للمقاومة بإفراز الوسائط الكيميائية (الأنتروكين) و تنشيط الخلايا البالغة التي تعمل على القضاء على مولد الضد ، تسبب هذه الآلية مظاهر إفراط الحساسية المتأخرة .

الآلية الأولى : الخلايا للمقاومة T السمية (Tc) و التي تنتمي إلى مجموعة الخلايا للمقاومة T8 الناتجة عن تكاثر ثم تمايز الخلايا للمقاومة T4 بعد التعرف على مولد الضد و تنشيطها بالـ IL-2 هي التي تتدخل في عملية التفكيك المباشر للخلية المستهدفة



خلية مصابة بالفيروسات، خلية سرطانية، خلية طعم (....) و التي تتميز بمحددات مولد الضد المحمولة على أغشيتها - عملية التفكيك تتطلب الملامسة المباشرة بين الخلية السمية والخلية المستهدفة بعد التعرف عليها باستخدام TeR الخاص بمحدد مولد الضد .

تقوم الخلية Tc بالتثبت على غشاء الخلية الغريبة (قبل الموت) ، ثم بعملية الإمراض الخلوي تعمل الخلية Tc على تحرير جزيئات البيروفرين المتواجدة ضمن حويصلات هولية - تتصلق جزيئات البيروفرين على الغشاء الهولي للخلية الغريبة مؤدية إلى تشكل ثقب غشائية تسبب تقعر الخلية بالصدمة الخلوية .

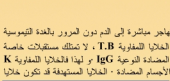
الآلية الثانية : إن الرد المناعي الخلوي ضد العوامل الممرضة البكتيرية التي تستطيع التكاثر داخل الخلايا المناعية و بالتحديد البالعات الكبيرة يكون يتدخل غير مباشر للخلايا للمقاومة T .

بعد تعرف الخلايا للمقاومة Th على مولد الضد المعروض على غشاء البالغة الكبيرة و المرتبط مع جزيئات CMH-II و تحت تأثير IL-1 المفرز من الخلايا البالغة و IL-2 المفرز من الخلايا T نفسها فإن هذه الأخيرة تشرع في التكاثر و بعدها تقوم بإفراز مجموعة من الوسائط الكيميائية الإلتهابية و المسماة اللمفوكينات و من أهمها الإنترفيرون المنشط للخلايا البالغة ، حيث يعمل على رفع من فاعلية أنزيمات القتل البكتيريا .

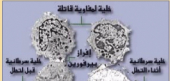
ملاحظة 2 : ينتج عن تمايز الخلايا للمقاومة T المنشطة و التي أنهت عملية التكاثر خلايا لمقاومة T الذاكرة و التي تحتفظ بذاكرها لمولد الضد الذي سبب تشكلها ، و في حالة دخوله للعضوية مرة ثانية فإن الخلايا T الذاكرة هي المسؤولة عن الرد المناعي .

أنواع الخلايا الأخرى المتدخلة في الرد المناعي الخلوي :

* **الخلايا القاتلة K :** خلايا لمقاومة تنشأ من نقي العظم و تهاجر مباشرة إلى الدم دون المرور بالغدة الليمفاوية توجد على مستوى الأنسجة للمقاومة المحيطة . تختلف عن الخلايا للمقاومة T.B ، لا تمتلك مستقبلات خاصة بمولد الضد بل تحمل على سطحها مستقبلات خاصة بالأجسام المضادة النوعية IgG - لهذا فالخلايا للمقاومة K لها القدرة على تحليل أي خلية يتوضع عليها هذا النوع من الأجسام المضادة . الخلايا المستهدفة قد تكون خلايا سرطانية أو خلايا مصابة بالفيروسات أو خلايا الطعم .



آلية القتل التي تحلل بها الخلايا للمقاومة K الخلايا المستهدفة تشبه مثلثها لدى الخلايا Tc ، حيث تثبتت على الخلية المراد قتلها (قبل الموت) ثم تقوم بإفراز البيروفرين المحدث للثقب الغشائية .



* **الخلايا القاتلة الطبيعية NK :** خلايا لمقاومة تنشأ من نقي العظم و تهاجر مباشرة إلى الدم دون المرور بالغدة الليمفاوية وهي مختلفة الأحجام ، قد تكون صغيرة أو كبيرة تتميز بهيولى محببة . تكاثر و تمايز الخلايا NK يتم بتنشيط من IL-2 الذي تفرزه الخلايا Th و IFNα (الإنترفيرون) الذي تفرزه خلايا الأنسجة الليفية . تختلف عن الخلايا للمقاومة T.B .



تخصص الخلايا للمقاومة NK في قتل الخلايا المصابة بالفيروسات و الخلايا الغير ناضجة و كذا الخلايا السرطانية حيث تحمل على أغشيتها مستقبلات خاصة نوعية مناسبة لمولدات الضد المحمولة على أغشية الخلايا السرطانية و التي تدعى بمولدات الضد المرافقة للسرطان عملها لا يرتبط بنظام CMH و لا بالأضداد لهذا فهي من عوامل المناعة الطبيعية .

آلية القتل التي تحلل بها الخلايا للمقاومة NK الخلايا المستهدفة تشبه مثلثها لدى الخلايا Tc ، حيث تثبتت على الخلية المراد قتلها (قبل الموت) ثم تقوم بإفراز البيروفرين المحدث للثقب الغشائية .

تتوقف المناعة النوعية الخلوية و الخلوية بعد القضاء على مولد الضد بفضل LTS المقاومة المنشطة .



* **المظهر الكمي للاستجابة الخلوية :**

الاستجابة الأولى : بطيئة و ضعيفة ، زمن طويل نسبيا بين دخول الجسم الغريب (التماس الأول) و ظهور الخلايا المناعية بمكان الإلتهاب و ضعيفة لأن عدد الخلايا المناعية قليل .

الاستجابة الثانية : استجابة مناعية تعتمد على الذاكرة حيث و بمجرد دخول مولد الضد (التماس الثاني) الذي سبق للعضوية التعرف عليه تنشط مباشرة خلايا Tm (الذاكرة) و التي تتحول إلى خلايا منغدة للاستجابة المناعية ولهذا يكون الرد المناعي سريع و عدد الخلايا المتدخلة كثيرة .

المشاكل المناعية :

كثيراً ما تتعرض عضوية الكائن الحي بعض المشاكل المناعية الناتجة عن خلل إما فيما بين عناصر الاستجابة المناعية بشكل عام ، أو استجابة مفردة ومؤنية للذات ، أي انحراف الاستجابة المناعية و من بين أهم هذه المشاكل المناعية :

الحساسية :

*** مفهوم الحساسية :** في سنة 1902 تم اكتشاف من طرف الفيزيولوجيين فرنسين ' شارل ريشي ، بول بورتيسي ' . فبينما كان العالمان يبحثان على كيفية الحصول على التعود التدريجي للكلاب على سم ' القزاليا ' حيث تمثلت التجربة في مرحلتها الأولى إدخال كمية ضعيفة من السم في الحيوان . و بعد ثلاث أسابيع أدخلت كمية أخرى من السم أضعف من الأولى ، و ذلك بهدف معرفة هل بطور الحيوان مقاومة ضد هذا السم . فحدث عكس ما كانا ينتظران ، فبدل إظهار مقاومة أكبر ، مات الحيوان بعد بضعة دقائق . أعطى العالمان إسم الصدمة العوارية لهذه الاستجابة المعاكسة و المضادة للتفاعلات المناعية الكلاسيكية .

* تمت بذلك صياغة الشروط الضرورية لسير حوادث الصدمة العوارية التجريبية :

- حقن أول يسمح بتحصين الحيوان تجاه مولد الضد .
- فترة تحضين مدتها بضعة أسابيع و خلالها يكون رد فعل العضوية بإنتاج أجسام مضاد ضد مولد الضد
- حقن ثاني ، يؤثر أعراض العوار (إقراط الحساسية) ، و الذي يمكن أن يؤدي إلى موت الحيوان .
- سجلت ملاحظات العوار التجريبي بداية البحث حول مصدر هذه الظاهرة الخاصة التي أعطى لها إسم الحساسية من طرف العالم ' فون بيركي ' سنة 1906 .

* يخص مصطلح الحساسية جل العضوية ، التي تصبح عند شروط خاصة ، ذات حساسية مفردة تجاه مولد ضد كانت العضوية تحمّله طبيعياً ، إبه مولد ضد الحساسية الذي بعد أول ملامسة للعضوية معه فإن ملاحظات قائمة مع نفس مولد ضد الحساسية ، تسبب اضطرابات أقل أو أكثر خطورة .

مولدات الضد (الحساسية) : الهاتين (مركب طبي لتقوية الرد المناعي) و الذي يعتبر مولد ضد غير كامل غير قادر لوحده على إثارة الجهاز المناعي ، و لكن بإمكانه فعل ذلك بمجرد ارتباطه مع جزيئة حاملة له . مثله مثل النيكل و الكروم ببعض المستحضرات الطبية المضادة للعدوى مثل السلفاميد (sulfamides) وبعض مواد التخدير الموضعي مثل الكتين و الأتروبين . بعض المضادات الحيوية مثل البنيسيلين و الستريبتوميسين بعض المواد السامة مثل سم Ivy إلى قدرة هذه المواد على إثارة الجهاز المناعي تعود إلى طبيعتها الكيميائية و إلى لتحامها مع بروتينات العضوية . لغبار و بعض الأطعمة

إن إعراض الحساسية التي تسببها المواد المختلفة السابقة هي من النوع الصدمة العوارية أو قزيم الملامسة .

* تصنيف الحساسية :

1. **طريقة النقل :** إقراط الحساسية ذو الوساطة خلطية و إقراط الحساسية ذو الوساطة الخلوية .
2. **مدة الظهور :** إقراط الحساسية الفورية (عدة دقائق) و إقراط الحساسية المتأخرة (72,48 ساء عند الإنسان) .
3. **الآلية المناعية :** إقتراح العالمان الإنجليزيان فليب جال و روبرت كوميس تصنيفاً لرد الفعل المناعي السبب للحساسية اعتماداً على الآلية المناعية التي يتم بها .

الصنف I : إقراط الحساسية الفورية . الأجسام المضادة IgE تتثبت عن طريق نهايتها Fc على مستقبلات غشائية متواجدة على أسطح خلايا الماستوسيت المتواجدة في الأنسجة و الخلايا متعددة الأوتية القاعدية المتواجدة في الدم (التحسيس) ، عند دخول ثاني المواد الحساسية فإنه يتوضع على النهاية Fab للأجسام المضادة المرتبطة مع المستقبلات الغشائية للخلايا السابقة الأمر الذي يسبب إقراط حويصلاتها التي تسبب الصدمة العوارية (الحساسية الفورية) .

أعراضها تتمثل في : إلتهاب جلدي واسع ، الحكة ، انتفاخ الجلد ، سيلان الأنف ، العطس ، السعال ، صعوبة التنفس ، إلتهاب مخاطية العين ، الإسهال .

ملاحظة : بعض الأجسام المضادة من النوع IgG قد تسبب نفس الحالة .

الصنف II : غلى هذه الحالة تتدخل الأجسام المضادة و بروتينات المتممة ، بتوضع مولد الحساسية على سطح الخلوية و في الغالب الهاتين أو أحد مكونات الخلية ، تتثبت عليها الأجسام المضادة مما يسبب تجمع الخلايا ثم تنشيط المتممة فتعمل على تشكيل معقد الهجوم الغشائي و بالتالي تحلل هذه الخلايا كحالة نقل الدم الغير متوافق .

الصنف III : تختم بتدخل الأجسام المضادة و مولدات الضد الحرة و بروتينات المتممة و الخلايا للمقاومة و البالعات الكبيرة و متعددات النواة .

الأجسام المضادة تتوضع على مولدات الضد الحرة و تشكل معقد مناعي فائرة على تنشيط المتممة . هذا التنشيط المناعي يعمل على جذب البالعات الكبيرة و متعددات النواة و الخلايا للمقاومة التي تفرز مواد سامة و أنزيمات تقتل خلايا الأنسجة المحيطة .

الصنف IV : إقراط الحساسية المتأخرة التي تعتمد على الذاكرة المناعية ، تتم بتدخل الخلايا للمقاومة T4 التي بعد التعرف على مولد الضد (بروتين من أصل بكتيري ، فيروس ، طفيلي ، مادة كيميائية بسيطة) المعروف من طرف الخلايا العارضة الثانوية فإن الخلايا للمقاومة T تفرز وسائط لمفوكينية تعمل على تنشيط الخلايا للمقاومة و تجمع الخلايا أحادية النواة و تنشيط البالعات الكبيرة . كل هذه الخلايا أثناء الرد المناعي تفرز وسائط تسبب الإلتهاب .

ملاحظة : هناك عوامل وراثية تعطي القابلية للإصابة بهذا النوع من الأمراض أو التقدم في السن .

أ. إقراط الحساسية الفورية ذات الوساطة الخلطية :

إن الحساسية الفورية هي استجابة مناعية خلطية مراحلها هي موضحة في الوثيقة التالية :

- * بسبب التماس الأول لمولدات الحساسية بإقسام الخلايا للمقاومة B إلى خلايا بلازمية منتجة للأجسام المضادة من نوع IgE ، تتثبت على الخلايا الحاملة للمستقبلات الغشائية المناسبة التي تتواجد بكثرة في أنسجة القصبات الهوائية و الجلد و جهاز الهضم . هي خلايا الماستوسيت الغنية بحويصلات تحوي مادة هستامين أو خلايا متعددة النوى القاعدية الغنية بحويصلات تحوي مادة الليكوترلين على هذه الحالة (التماس الأول) لا تظهر أية أعراض للحساسية .
- * في التماس الثاني مع نفس مولد الحساسية الذي يتثبت على الأجسام المضادة IgE الموجودة على سطح الخلايا الماستوسيت و المتعددة النوى القاعدية مؤدياً إلى تغير في نفاذيتها الغشائية ، فيفرز الهستامين من قبل الماستوسيت و الليكوترلين من قبل متعددة النوى القاعدية، ويعمل الهستامين على :

أعراضها : تظهر بعد دقائق معدودة .

- العطس و السعال و الحكة .
- رقة جذران الشعيرات الدموية : فتتدفق محتواها من خلايا و البلازما مؤدياً إلى إلتهاب و تضيق بين الشعيرات و الأنسجة المحيطة بها (إحتقان الدم) .
- زيادة في إفراز الخلايا المخاطية : سيلان مخاط الأنف و الدمع .
- تقلص العضلات الملساء المحيطة بالقصبات الهوائية مما يؤدي إلى صعوبة التنفس .

أسبابها :

- نقصان في الخلايا T المثبطة (LTs) لذا فلا تتوقف الاستجابة المناعية .
- إنتاج أجسام مضادة من نوع IgE الغير النافعة .
- عوامل وراثية تساعد على إنتاج ال IgE .

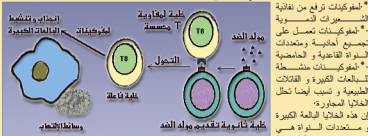
ب. آلية الحساسية المتأخرة ذات الوساطة الخلوية :

استجابة مناعية خلوية تحدث دون تدخل الأجسام المضادة ، و تظهر بعد 72 . 48 ساعة من الإنتصالات للحكة بمولد الضد (الحساسية)، تتدخل في هذه الاستجابة : الخلايا للمقاومة T خاصة ، البالعات الكبيرة ، المتعددة النوى .

آلية إقراط الحساسية المتأخرة :

التماس الأول : إقراط الحساسية المتأخرة التي تعتمد على الذاكرة المناعية ، بعد التماس الأول مع مولد الحساسية (بكتيري ، فيروس ، طفيلي ، مادة كيميائية بسيطة) فإن هذه الأخير يتم تفكيكه من طرف البالعات الكبيرة و عرض محدثاته على الخلايا للمقاومة T4 التي بعد التعرف تبدأ في إفراز وسائط كيميائية لمفوكينية تسبب تكاثرها و تمايزها إلى خلايا قاتلة و منظملة و ذاكرة . كما تؤدي إلى تجمع الخلايا أحادية النواة و تنشيط السبالعات الكبيرة و للمقاومات B . بعد هذا التنشيط يتم إقصاء مولد الضد و تحسيس الخلايا للمقاومة T إتجاه مولد الحساسية هذا . مثل حالة الإصابة ببكتيريا عصيات كوخ .

التماس الثاني : الملامسة الثانية للعضوية مع بكتيريا (عصيات كوخ) أو بروتيناتها و تثبتها على أغشية الخلايا الثانوية (خلايا البشرة ، خلايا الأنسجة) هذه الأخيرة تلعب دور في عملية عرض محدث مولد الحساسية على الخلايا للمقاومة T و التي سبق لها التعرف على مولد الحساسية (خلايا T ذاكرة)، تنشيط هذه الخلايا و تفرز مجموعة من المفوكينات التي تؤثر على أنسجة مختلفة .



تسبب الإلتهاب ، إمرار الجلد (حويصلات جلدية أو كزيم التماس) و الحمى . ظهور أعراض للحساسية يكون متأخر من 48 - 72 بعد الملامسة الثانية .

المطعم :

تعريف المطعم : قطعة من نسيج أو جزء من عضو أو عضوا كاملاً يمكن نقله ضمن نفس الكائن أو إلى كائن آخر قد يكون أو لا يكون من نفس النوع .

النتيجة	المستقبل	المطعم	المكان	نوع المطعم
قبول المطعم			الكائن نفسه	المطعم الذاتي
رفض المطعم بشكل سريع			بين كائنين نوعين مختلفين	المطعم الغريب
رفض المطعم بشكل بطيء			بين كائنين من نفس النوع	المطعم المتشابه
قبول المطعم			بين كائنين نوعين	المطعم المتماثل

أنواع المطعم : تبعاً لقراءة الفرد الذي أعطي (المشروع) المطعم للفرد المتلقي نلاحظ عدة أنواع من الطعوم .

1 . **المطعم الذاتي :** يكون على مستوى الفرد نفسه .

2 . **المطعم الغريب :** بين أفراد ينتمون إلى أنواع مختلفة (فأر - أرنب) .

3 . **المطعم المتشابه :** بين أفراد من نفس النوع ذوي بنية وراثية غير متماثلة من إنسان إلى آخر و يسمى أيضاً بالمتلي .

4 . **المطعم المتماثل :** يكون بين السلالات المستطابقة (الحقيقية) أي بين أفراد ذوي بنية وراثية متماثلة و ذلك بين حيوانات من نفس السلالة النقية و يسمى بالتولمي .

* - يلخص الجدول التالي تجارب نقل الطعم و النتائج المحصل عليها .

رقم التجربة	المعطى و المستقبل	النتائج
1	من فخذ الشخص إلى ذراع	قبول المطعم
2	الفردان : توأمين حقائبان (نفس الصفات الوراثية)	قبول المطعم
3	الفردان : من نفس النوع يختلفان وراثياً	إلتهاب و احمرار في مكان الزرع انحلال و اختفاء الطعم بعد (10) أيام
4	نعيد التجربة بعد 3 أيام	استجابة التهابية سريعة انحلال و اختفاء الطعم كلية بعد 5 أيام
5	نعيد التجربة 3 و لكن المستقبل منزوع الغدة السعترية منذ الولادة .	قبول الطعم
6	نعيد التجربة 5 و لكن المستقبل المنزوع الغدة السعترية يحقن بالمفاويات T	رفض الطعم كما في التجربة 3 .

تحليل و تفسير النتائج :

التجربة 1 : عدم رفض الطعم، خلافاً للفرد لها نفس نظام CMH (ذات أصل واحد نفس البيضة المخصبة) .

التجربة 2 : عدم رفض الطعم لأنها ذات أصل واحد أي لهما نفس نظام CMH .

التجربة 3 : الفردان ليسا من أصل واحد أي ليس لهما نفس نظام CMH فرفض الطعم ، الاحمرار و الالتهاب ناتجان عن تمدد الشعيرات الدموية وتباطؤ دوران الدم ، تقوم اللفافيوات LTe بإفراز مواد كيميائية تؤدي إلى انحلال الطعم (استجابة أولية) .

التجربة 4 : الرفض تم بسرعة لأن الاستجابة ثانوية ، تتدخل الخلايا ذات الذاكرة بسرعة و بدرجة أقوى .

التجربة 5 : عدم الرفض رغم اختلافهما وراثياً مما يدل على أن الغدة السعترية مسؤولة عن رفض الطعم حيث يتم فيها تمايز اللفافيوات T .

التجربة 6 : رفض الطعم مما يؤكد بأن اللفافيوات T هي المسؤولة عن رفض الطعم .

المقارنة و الاستنتاج :

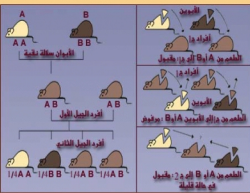
التجربتين 1 - 2 مع التجربة 3 : الخلايا لها القدرة على التعارف بينها - ترفض العضوية جميع الطعوم التي تحمل نظام CMH مغاير .

التجربتين 3 و 4 : الاستجابة الأولية بطيئة و ضعيفة ، الاستجابة الثانوية سريعة و قوية .

التجربتين 3 و 5 : لغدة السعترية مسؤولة عن رفض الطعم .

التجربتين 5 و 6 : إن الخلايا اللفافية T هي المسؤولة عن رفض الطعم .

* الأسباب الوراثية لرفض الطعم :



إن عملية رفض الطعم تتعلق بحالة عدم التوافق النسيجي بين الفرد المتبرع بالطعم و الفرد المستقبل لهذا الطعم ، يعود عدم التوافق النسيجي إلى اختلاف في نظام ال CMH . هذا ما تأكدته التجارب الموضحة في الوثيقة و التي تم إجرائها على سلالات نقية من الفئران . يتم قبول الطعم الأبوي من A أو B من طرف أفراد الجيل الأول لأنهم يحملون مورثات الأبوين (أقرباء كبيرة في نظام CMH) - أما من الأبناء إلى الآباء فلا يقبل - علماً أن نفس الطعم الأبوي لا يقبل من أفراد الجيل الثاني إلا في حالات نادرة .

آلية رفض الطعم : تأكد جميع الدراسات التي بحثت الآليات التي يتم بها رفض الطعم أن هذه العملية هي أساساً إستجابة مناعية ذات وساطة خلوية تتم بالخلايا للفاوية T . و هذا ما يمكن التوصل إليه من خلال الملاحظات العلمية التالية .

أ . الغياب التام للأجسام المضادة في الكثير من حالات رفض الطعم يدفع إلى الاعتقاد أن الرفض يشبه إفراط الحساسية المتأخرة ذات الوساطة الخلوية - التي تتدخل فيها قطع الخلايا للفاوية T .

ب - محاولات نقل المقاومة ضد الطعم عن طريق مصّل الدم تقود إلى الفشل حين أن نقل الخلايا للفاوية T من كائن محسّن بالطعم إلى كائن غير محسّن تجعل هذا الأخير يرفض الطعم بشكل سريع و فعال في حالة زرع نفس الطعم في جسمه - مما يؤكد أن الرفض يتم غالباً بواسطة الخلايا للفاوية T .

ج - الفحص المجهرى للطعم المرفوض يؤكد على تواجد أعداد كبيرة من الخلايا للفاوية T و التي بلا شك هي المسؤولة عن رفض هذا الطعم .

د - إنتفاخ و نمو العقد للفاوية القريبة من محيط الطعم ، هذه العقد التي تعتبر مكان تواجد الخلايا للفاوية T .

* - تلعب مولدات الضد المنحلة الطعمية و التي تصل إلى العقد للفاوية القريبة من الطعم عن طريق الدم أو اللمف دوراً هاماً في تعرف الخلايا المناعية على مولدات الضد الطعمية ، كما تستطيع الخلايا للفاوية التعرف على مولدات الضد الطعمية على مستوى الطعم . في الحالتين فإن الخلايا المناعية تطور رداً مناعياً موجهاً ضد الطعم تساهم فيه بالخصوص الخلايا للفاوية T .



بعد التعرف على محدّدات مولد الضد (CMH مختلف) تعمل الخلايا للفاوية Th على إفراز الأنتيلوكينات التي تجعل الخلايا للفاوية تتكاثر ثم تتمايز إلى خلايا Te و خلايا Tc .

* - الخلايا للفاوية Te السمية تهاجم خلايا الطعم بعد الملامسة المباشرة بينهما و تفرز البيروفرين المحدث للقوقب الغشائية و التي تتبع بالصدمة الخلوية .

* - الخلايا للفاوية القاتلة K تحل خلايا الطعم بعد تثبت عليها بواسطة جسم مضاد نوعي خاص بمستقبل طعم .

* - الخلايا للفاوية Th تفرز MAF (عمل تنشيط بالعات كبيرة) الذي ينشط البالعات الكبيرة ضد خلايا الطعم .

غير أنه لا يمكننا إغفال الدور الهام الذي تلعب الأجسام المضادة في عملية رفض الطعم، أو في مقاومة الرفض والذي يتمثل فيما يلي :

* **دور الأجسام المضادة في رفض الطعم :**

أ . **المساهمة في عملية رفض الطعم :**

* - الدور السمي للأجسام المضادة و التي تنشط برووتينات المتممة ، هذه الأخيرة تحلل خلايا الطعم .

* - الدور السمي للأجسام المضادة و التي تنشط الخلايا للفاوية K القاتلة الحاملة لمستقبلات الأجسام المضادة .

ب - **المساهمة في عملية مقاومة الرفض (قبول الطعم) :**

تعمل الأجسام المضادة المفروز ضد خلايا الطعم في بعض الأحيان على حماية خلايا الطعم من هجوم الخلايا للفاوية T المنشطة ضدها، حيث تتوضع الأجسام المضادة على محدّدات غشائية موجودة على أغشية خلايا الطعم مشكلةة معقدات مناعية مائعة بذلك توضع الخلايا للفاوية Te السمية على خلايا الطعم ، الأمر الذي يوفر لها الحماية . و هذا يساعد على قبول الطعم .

* أعراض رفض الطعم :

في حالة نقل قطعة من الجلد بين كائنين من نفس النوع (طعم متشابه) تتمثل أعراض الرفض في :

* - ظهور خلايا لفاوية ميتة داخل الشعيرات الدموية * - تمدد الأوعية الدموية * - تباطؤ دوران الدم * - تجلط الدم دخل الأوعية * - موت خلايا الطعم . و هذا من اليوم الرابع إلى اليوم التاسع

* **رد فعل الطعم ضد المضيف :** - في بعض الأحيان يحتوي الطعم (خلايا نقي العظام مثلاً) على خلايا لفاوية كثيرة ، تعتبر خلايا الكائن المستقبل للطعم مولد ضد تقوم بمهاجمتها و تحلل أغشيتها و هذا على أساس اختلاف محدّدات CMH بين الكائنين - ترافق هذه الحالة بأعراض خاصة منها : الإسهال ، الحمى ، إلتهاب البشرة ، فقر الدم ، نقص عدد اللفافيوات .

المناعة الذاتية :

يمتلك الجهاز المناعي وظيفة وحيدة تتمثل في حماية و تسهيل حياة الكائن داخل بيئة في غالب الأحيان معادية له. تشمل هذه الوظيفة مهمتين هما : إقصاء و تثبيط البنيات و الجزيئات التي تهدد حياة هذا الكائن . هذا أولا و ثانيا تجنيد البنيات و الجزيئات العضوية الضرورية للحياة الخاصة بالكائن و بالجنس أي رد فعل و تسهيل قيامها بوظيفتها .

في الكثير من الأحيان تصاب العناصر التي تتحكم في تنظيم تطور و وظيفة الجهاز المناعي مما يحدث إنحراف للاستجابة المناعية ، فيبدل إقصاء البنيات و الجزيئات الخطرة ، يتم مهاجمة الخلايا و الأعضاء العضوية - إن هذه الاختلالات تعتبر بمثابة مولدات الضد بالنسبة للجهاز المناعي ، الأمر الذي يؤدي إلى ظهور ما يعرف بأمراض المناعة الذاتية .

الإظهار التجريبي لهذه الأمراض : يمكن ملاحظة أمراض المناعة الذاتية و ذلك بحقن مولدات الضد الذاتية مثل خلاصة معقمة لعضو من نفس الحيوان أو من حيوان مماثل جزيئة خالصة أو قطعة بيتيدية من هذه الجزيئة ثم يحقن هذا الحيوان بخليط من المستحضرات العلبية المناعية . بعدها تظهر أول أعراض رد الفعل المناعي الذاتي النوعي و الذي يصيب الأعضاء الموافقة ، و منها الجهاز العصبي المركزي و الخصيتين و كذا الغدة الدرقية و اللوحة المحركة (مستقبلات الأسيتل كولين)

يمكن نقل أمراض المناعة الذاتية إلى الحيوانات السليمة إما بواسطة المصل - الغلوبولينات المناعية- أو الخلايا اللمفاوية T و بالتحديد الخلايا Th المفرزة للموكنات الإنتهاية (TNF , $IFN\gamma$, $IL-2$) .

• **أسباب أمراض المناعة الذاتية :** تصيب أمراض المناعة الذاتية من 5% إلى 7% من مجموع البشر .

1. **العوامل الوراثية :** التي قد تصيب الجهاز المناعي و بالتحديد مورثات نظام CMH و مورثات التلوكنات و مورثات الإقرازمات المنظمة . إن أي تحول يصيب هذه المورثات يحرص على الإصابة بأمراض المناعة الذاتية بما يحدثه من خلل في آليات التعرف على الذات و من خلل في آليات تنظيم و ضبط رد المناعي هذا من جهة و من جهة ثانية فإن هذه العوامل الوراثية قد تصيب العضو أو مولد الضد السبب، و المقصود هنا تلك التحولات الوراثية (الطفرات) التي تجعل خلايا الأعضاء تصنع محدثات مختلفة عن الذات ، مما يجعلها هدفا للرد المناعي .

2. **العوامل البيئية :** و المقصود هنا هي الكائنات المجهرية و بالخصوص الفيروسات التي تتدخل بطرق مختلفة (الإفراز، التعديل أو التحويل، تصنيع جزيئات - مولدات ضد ذاتية - التسبب في إتهابات الأعضاء بإفراز سيتوكينات ، تنشيط للخلايا اللمفاوية T و B) - كل هذه التأثيرات التي تحدثها الكائنات المجهرية قد تسبب في إختلالات داخل الأعضاء المصابة مما يقع أخطاء في التعرف على الذات نتيجة تشابه محدثات الذات مع الذات .

آليات المناعة الذاتية :

إن الآليات الفعالة للإصابة بأمراض المناعة الذاتية تتعلق بظهور أجسام مضادة ضد الذات منخل و خلايا مصصمة (لمفاويات T و خلايا دموية حاملة للأجسام مضادة) و التي تستطيع تثبيط جزيئات ضرورية، شل عمل مستقبلات غشائية ، تحطيل و تحطيم أعضاء العضوية . و يظهر هذا من خلال :

• تشكيل معقدات مناعية مثل مرض فقر الدم : توضع أجسام مضادة ضد الذات على الكريات الحمراء للقرود .
• تنشيط بروتيينات المنعة مثل مرض فقر الدم : توضع أجسام مضادة ضد الذات على الكريات الحمراء بنشط المنعة فتعمل على تحطيل هذه الخلايا .

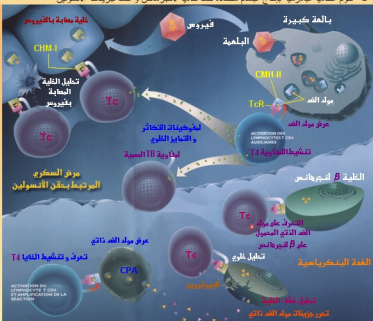
• تنشيط خلايا سمية K أو متعددات التواء مثل مرض فقر الدم : المعقدات المناعية تنشيط الخلايا السابقة .
• تثبيط و شل عمل المستقبلات الغشائية الخاصة بالأسيتل كولين ، مما يؤدي إلى شل العضلة .

• تحطيل و تحطيم الخلايا و الأعضاء بواسطة خلايا لمفاوية T أو بواسطة خلايا NK و خلايا بالعة . مثل حالة قيام الخلايا اللمفاوية T بمهاجمة الخلايا العصبية و بالتحديد الغمد الد هني الليف العصبي .
و لمزيد من الإيضاح نتناول بالدراسة بعض الأمثلة .

• **مرض السكر (المرتبط بحقن الأنسولين) :**

يعتبر أحد أمراض المناعة الذاتية الذي يصيب الأطفال و البالغين حديثا، ناتج عن تحطيم الخلايا β لنجرهانس المفرزة للأنسولين يشكل 10% من حالات السكري في النول الغربية ، و يحدث باليتين هما :

- 1 - أثناء التفاعلات الإنتهاية تستطيع الخلايا اللمفاوية Tc تحطيل الخلايا β لنجرهانس بشكل مباشر أو بواسطة اللموكنات الإنتهاية التي تنشيط بالعات و اللمفاويات NK ضد هذه الخلايا .
- 2 - تقوم الخلايا البلازمية بإنتاج أجسام مضادة ضد خلايا لانجرهانس و ضد جزيئات الأنسولين .

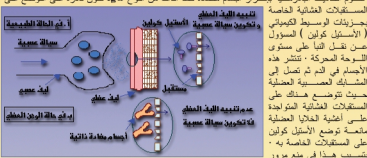


• **أسباب الإصابة بهذا المرض :**

- 1- تأكيد الدراسات التي خضع لها المصابين بهذا المرض على وجود روابط عالية قوية بينهم ، مما يؤكد تشكل العامل الوراثي في الإصابة بهذا المرض . و هذا ما تأكدته الأبحاث و التحاليل التي أجريت على نظام CMH حيث تبين أن الأفراد المصابين بهذا المرض يحملون محدثات CMH-II مختلف اعتبر كمولد ضد ، يعود هذا الإختلاف إلى وجود حمض أميني مختلف عن الأسبارتات في الموقع (57) للسلسلة β لمولد الضد CMH-II .
- 2- تأكد نفس الدراسات السابقة على تأثير العوامل البيئية و تسببها في الإصابة بهذا المرض بأحد الآليات الذاتية :
• التسبب في تحطيم خلايا β لنجرهانس المفرزة للأنسولين .
• تساهم في الإصابة بمرض المناعة الذاتي ضد الخلايا β لنجرهانس .
• تحدث نقصا داخليا يؤدي إلى خفض إفراز الأنسولين بالتسبب في إحداث مقاومة للفعل البيولوجي للأنسولين .
• الرفع من حساسية الخلايا β لنجرهانس تجاه العوامل الممرضة .
3. العوامل الأفضسية ومنها بالدرجة الأولى ارتفاع نسبة السكر في الدم قد تكون سببا في تجفيف خلايا β لنجرهانس (جعلها غير قادرة على الإفراز) ، و يعود الأمر إلى التنشيط المفرط للخلايا β لنجرهانس .

• **الوهن العضلي :**

تقوم الخلايا البلازمية بإفراز أجسام مضادة ضد الذات من النوع IgG تكون قادرة على التوضع على المستقبلات الغشائية الخاصة بجزيئات الوسيط الكيميائي (الأسيتل كولين) المسؤول عن نقل التبا على مستوى اللوحة المحركة . تنتشر هذه الأجسام في الدم ثم تصل إلى المشبك العصبية العضلية حيث تتوضع هناك على المستقبلات الغشائية المتواجدة على أغشية الخلايا العضلية مانعة توضع الأسيتل كولين على المستقبلات الخاصة به .



التثبيط من العصب إلى العضلة و يؤدي إلى شل العضلة .